



Recommandation de la branche relative au marché suisse de l'électricité

## Recommandation pour le raccordement au réseau des installations de production d'énergie

Spécifications techniques du raccordement et de l'exploitation parallèle pour les NR 3 à 7

**Remarque :**

Lors de la révision 2020, les niveaux de réseau ont été traités séparément. Pour la basse tension (NR 7), c'est l'édition RR/IPE-NR 7 de 2020 qui s'applique. Tant que le document pour la moyenne et la haute tension (NR 3 et NR 5) n'est pas encore approuvé, c'est l'édition du RR/IPE de 2014 qui s'applique pour ces niveaux de tension, à l'exception de la répartition de la puissance figurant au chapitre 3.1.

RR/IPE- CH 2014

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen  
Association des entreprises électriques suisses  
Associazione delle aziende elettriche svizzere

Téléphone +41 62 825 25 25, Fax +41 62 825 25 26, info@strom.ch, www.electricite.ch



## Impressum et contact

### Editeur

Association des entreprises électriques suisses AES  
Hintere Bahnhofstrasse 10, case postale  
CH-5001 Aarau  
Tél. +41 62 825 25 25  
Fax +41 62 825 25 26  
info@strom.ch  
[www.electricite.ch](http://www.electricite.ch)

### Auteurs de la première édition (2014)

Nom Prénom	Entreprise	Fonction
Baer Monika	EBM, 4142 Münchenstein 1	Membre du GT
Bleuel Walter	IWB, 4002 Bâle	Membre du GT
Bürge Florian	Aare Energie AG, 4601 Olten	Membre du GT
Canepa Nicola	AET, 6500 Bellinzona	Membre du GT
Decorvet Fabrice	SIG, 1211 Genève	Membre du GT
Emmenegger Martin	EKZ, 8472 Seuzach	Membre du GT
Etter Thomas	St. Galler Stadtwerke	Membre du GT
Dietrich Matthias	BKW Energie SA, 3072 Ostermundigen	Membre du GT
Degen Andreas	AES, 5000 Aarau	Membre du GT
Iseli Manuel	LKW, FL-9494 Schaan	Membre du GT
Krüger Giacum	Repower AG, 7502 Bever	Membre du GT
Papaemmanouil Antonios	Swissgrid SA, 5080 Laufenburg	Membre du GT
Rohs Arian	AEW Energie AG, 5001 Aarau	Chef du GT
Schumacher Erich	CKW, 6003 Lucerne	Membre du GT
Wartmann Bruno	ewz, 8050 Zurich	Membre du GT
Widmer Patrick	SAK, 9001 Saint-Gall	Membre du GT



## Chronologie

<b>Date</b>	<b>Descriptif succinct</b>
17 novembre 2012	Attribution des tâches par la commission Technique réseau
14 mars 2013	Prise de fonction des groupes de travail (GT)
Eté 2014	Consultation (au sein de la branche et auprès des consommateurs finaux art. 27, al. 4, OApEI)
03 décembre 2014	Approbation par le comité de l'AES

Ce document a été élaboré avec l'implication et le soutien de l'AES et des représentants de la branche.

**Ce document est un document de la branche pour le marché de l'électricité (directive au sens de l'art. 27, al. 4 de l'OApEI)**

---

**Imprimé** n°1032f, édition 2014

### **Copyright**

© Association des entreprises électriques suisses AES

Tous droits réservés. L'utilisation des documents pour usage professionnel n'est permise qu'avec l'autorisation de l'AES et contre dédommagement. Sauf pour usage personnel, toute copie, distribution ou autre usage de ces documents que celui prévu pour le destinataire est interdit. L'AES et les rédacteurs déclinent toute responsabilité en cas d'erreur dans ce document et se réservent le droit de le modifier en tout temps et sans préavis.



## Table des matières

Avant-propos .....	8
1. Introduction .....	9
1.1 Généralités .....	9
1.2 Objectif de la recommandation de la branche .....	9
1.3 Documents de la branche existants .....	9
2. Termes et définitions .....	10
3. Champ d'application .....	12
3.1 Classification des installations de production d'énergie (IPE) .....	13
3.1.1 Classification des niveaux de réseau .....	14
3.1.2 Classement par puissance .....	14
3.1.3 Caractéristiques des unités de production .....	15
3.1.4 Combinaison de la puissance et des caractéristiques .....	15
4. Répercussions techniques et recommandations pour le réseau .....	15
4.1 Réseau haute tension .....	15
4.1.1 Planification et structure du réseau .....	15
4.1.2 Technique primaire .....	16
4.1.3 Technique secondaire .....	16
4.1.4 Protection du réseau.....	16
4.2 Réseau moyenne tension .....	16
4.2.1 Planification et structure du réseau .....	16
4.2.2 Technique primaire .....	17
4.2.3 Technique secondaire .....	17
4.2.4 Protection du réseau.....	17
4.3 Réseau basse tension.....	18
4.3.1 Planification et structure du réseau .....	18
4.3.2 Point de raccordement.....	18
4.3.3 Commande et réglage .....	18
4.3.4 Protection du réseau.....	19
5. Exigences relatives au raccordement au réseau haute tension NR 3 .....	19
5.1 Généralités .....	19
5.2 Technique primaire du point de raccordement .....	20
5.3 Technique secondaire.....	21
5.3.1 Commande, réglage et mesure .....	21
5.3.2 Protection.....	23
5.3.3 Energie auxiliaire .....	25
5.4 Comportement de l'IPE sur le réseau .....	26
5.4.1 Exploitation normale .....	26
5.4.2 Comportement en cas de perturbation au sein de l'IPE .....	27
5.4.3 Comportement en cas de perturbation sur le réseau .....	27
5.4.3.1 Généralités.....	27
5.4.3.2 Comportement tension-temps (courbes caractéristiques $u(t)$ ) .....	28
5.4.3.3 Protection de puissance réactive et de sous-tension (protection Q-U) .....	31
5.4.3.4 Remise en circuit de l'installation de production après une perturbation .....	32



5.4.3.5	Comportement de fréquence .....	32
5.4.3.6	Renforcement de la tension par injection de courant réactif en cas de défaillance sur le réseau .....	35
5.5	Contact avec le gestionnaire de réseau de distribution .....	36
5.6	Point de mesure .....	36
5.7	Demande de raccordement et évaluation .....	37
5.7.1	Demande de raccordement .....	37
5.7.2	Evaluation technique .....	37
5.7.3	Autorisation de raccordement.....	37
5.8	Perturbations électriques / qualité de la tension .....	37
5.9	Documentation et échange de données .....	38
5.10	Contrôles et réception .....	38
6.	Exigences relatives au raccordement au réseau moyenne tension NR 5 .....	38
6.1	Généralités .....	38
6.2	Technique primaire du point de raccordement .....	39
6.3	Technique secondaire .....	41
6.3.1	Commande, réglage et mesure .....	41
6.3.2	Protection.....	42
6.3.3	Energie auxiliaire .....	46
6.4	Comportement de l'IPE sur le réseau .....	47
6.4.1	Exploitation normale .....	47
6.4.2	Comportement en cas de perturbation au sein de l'IPE .....	48
6.4.3	Comportement en cas de perturbation sur le réseau .....	48
6.4.3.1	Généralités.....	48
6.4.3.2	Comportement tension-temps (courbes caractéristiques $u(t)$ ) .....	49
6.4.3.3	Protection de puissance réactive et de sous-tension (protection Q-U) .....	53
6.4.3.4	Remise en circuit de l'installation de production après une perturbation .....	54
6.4.3.5	Comportement de fréquence .....	54
6.4.3.6	Renforcement de la tension par injection de courant réactif en cas de défaillance sur le réseau .....	57
6.5	Contact avec le gestionnaire de réseau de distribution .....	58
6.6	Point de mesure .....	58
6.7	Demande de raccordement et évaluation .....	59
6.7.1	Demande de raccordement .....	59
6.7.2	Evaluation technique .....	59
6.7.3	Autorisation de raccordement.....	59
6.8	Perturbations électriques / qualité de la tension .....	59
6.9	Systèmes de communication .....	60
6.10	Documentation et échange de données .....	60
6.11	Contrôles et réception .....	60
7.	Exigences relatives au raccordement au réseau basse tension NR 7.....	61
7.1	Généralités .....	61
7.2	Technique primaire du point de raccordement .....	62
7.3	Technique secondaire .....	63
7.3.1	Commande, réglage et mesure .....	63
7.3.2	Protection / protection contre le découplage .....	64
7.3.3	Energie auxiliaire .....	65



7.4	Comportement de l'IPE sur le réseau .....	66
7.4.1	Exploitation normale .....	66
7.4.2	Comportement en cas de perturbation au sein de l'IPE .....	68
7.4.3	Comportement en cas de perturbation sur le réseau .....	68
	7.4.3.1 Généralités.....	68
	7.4.3.2 Comportement tension-temps (courbes caractéristiques $u(t)$ ) .....	68
	7.4.3.3 Remise en circuit de l'installation de production après une perturbation .....	69
	7.4.3.4 Comportement de fréquence .....	70
7.5	Contact avec le gestionnaire de réseau de distribution .....	73
7.6	Point de mesure .....	73
7.7	Demande de raccordement et évaluation .....	73
	7.7.1 Demande de raccordement .....	73
	7.7.2 Evaluation technique .....	74
	7.7.3 Autorisation de raccordement.....	74
7.8	Perturbations électriques / qualité de la tension .....	74
7.9	Systèmes de communication .....	75
7.10	Documentation et échange de données .....	75
7.11	Contrôles et réception .....	75
Annexe A: Exemples de raccordement au réseau moyenne tension et basse tension, avec suggestion de valeurs de réglage .....		77
Annexe B1: Contribution des IPE aux courants de court-circuit .....		81
Annexe B2: Modes d'exploitation des alternateurs et comportements correspondants .....		82
Sources .....		83

## Index des Figures

Figure 1: Variantes de raccordement avec différents types de machines sur un réseau haute tension	20
Figure 2: Exemple de raccordement d'IPE au NR 3	24
Figure 3: Exemple de courbe caractéristique $\cos\phi(P)$ haute tension	27
Figure 4: Courbes caractéristiques $U(t)$ en cas de creux de tension des types B1 et C1 sur un réseau haute tension	28
Figure 5: Courbes caractéristiques $U(t)$ en cas de creux de tension des types B2 et C2 sur un réseau haute tension	30
Figure 6: Exemple de protection Q-U	31
Figure 7: Réduction de puissance en cas de surfréquence sur un réseau haute tension (TC-CH 2013)	33
Figure 8: Aperçu des réductions de puissance dépendant de la fréquence	34
Figure 9: Bandes de fréquence sur un réseau haute tension (Base TC-CH 2013)	35
Figure 10: Principe du renforcement de la tension en cas de défaillance du réseau [VDN TC 2007]	36
Figure 11: Variantes de raccordement avec différents types de machines sur un réseau moyenne tension	39
Figure 12: Exemple de raccordement d'IPE de type A au NR 5	43
Figure 13: Exemple d'IPE de type B au NR 5	45
Figure 14: Exemples de courbes caractéristiques $\cos \phi$ et $Q(U)$ sur un réseau moyenne tension	48



Figure 15: Courbes caractéristiques U(t) en cas de creux de tension du type A sur un réseau moyenne tension	49
Figure 16: Courbes caractéristiques U(t) en cas de creux de tension du type B1 sur un réseau moyenne tension	50
Figure 17: Courbes caractéristiques U(t) en cas de creux de tension du type B2 sur un réseau moyenne tension	52
Figure 18: Exemple de protection Q-U	53
Figure 19: Réduction de puissance en cas de surfréquence sur un réseau moyenne tension (TC-CH 2013)	55
Figure 20: Aperçu des réductions de puissance dépendant de la fréquence	56
Figure 21: Bandes de fréquence sur un réseau moyenne tension (Base TC-CH 2013)	57
Figure 22: Principe du renforcement de la tension en cas de défaillance du réseau [VDN TC 2007]	58
Figure 23: Variantes de raccordement avec différents types de machines sur un réseau basse tension	62
Figure 24: Protection contre le découplage	65
Figure 25: Exemple de courbe caractéristique $\cos \phi$ (installation photovoltaïque) sur un réseau basse tension	67
Figure 26: Courbe caractéristique de déclenchement en cas de creux de tension du type A dans un réseau basse tension	68
Figure 27: Réduction de puissance en cas de surfréquence sur un réseau basse tension (TC-CH 2013)	70
Figure 28: Aperçu des réductions de puissance dépendant de la fréquence	72
Figure 29: Bandes de fréquence sur un réseau basse tension (Base TC-CH 2013)	73

## Index des tableaux

Tableau 1: Classement des UPE par puissance	14
Tableau 2: Fonctions de protection au point de raccordement NR 3	24
Tableau 3: Fonctions de protection de l'UPE pour le réseau NR 3	25
Tableau 4: Recommandations de réglage pour le relais de protection de l'IPE de type B1 ou C1 au point de raccordement	29
Tableau 5: Recommandations de réglage pour le relais de protection de l'IPE de type B2 ou C2 au point de raccordement	30
Tableau 6: Recommandations de réglage de la protection Q-U	32
Tableau 7: Protection au point de raccordement au NR 5 (type A)	43
Tableau 8: Fonctions de protection de l'UPE (habituellement dans l'onduleur pour les installations photovoltaïques) pour le NR 5 (type A)	44
Tableau 9: Protection au point de raccordement au NR 5 (type B)	45
Tableau 10: Fonctions de protection de l'UPE (habituellement dans l'onduleur pour les installations photovoltaïques) pour le NR 5 (type B)	46
Tableau 11: Recommandations de réglage pour le relais de protection moyenne tension, type A	50
Tableau 12: Recommandations de réglage pour le relais de protection de l'IPE de type B1 au point de raccordement	51
Tableau 13: Recommandations de réglage pour le relais de protection de l'IPE de type B2 au point de raccordement	52
Tableau 14: Recommandations de réglage de la protection Q-U	54
Tableau 15: Recommandations de réglage pour la protection contre le découplage au point de raccordement	69



## Avant-propos

La loi sur l'approvisionnement en électricité (LApEI) du 23 juillet 2012 et l'ordonnance sur l'approvisionnement en électricité (OApEI) du 14 mars 2008 (état au 1<sup>er</sup> juillet 2013) ont ouvert le marché électrique suisse aux consommateurs finaux dont la consommation annuelle est égale ou supérieure à 100 MWh par site. Cinq ans après l'entrée en vigueur de cette loi, les consommateurs finaux dont la consommation annuelle est inférieure à 100 MWh par site doivent aussi pouvoir, sur décision de l'Assemblée fédérale, accéder au réseau de manière non discriminatoire. Cette décision peut faire l'objet d'un référendum.

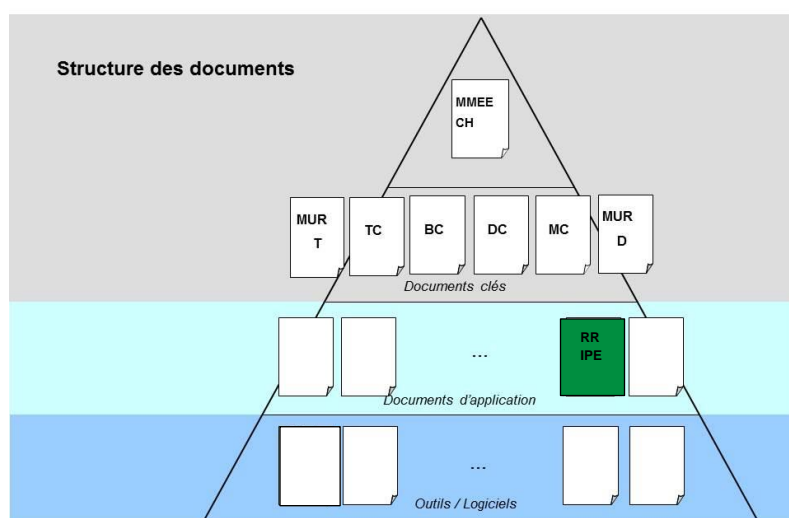
Fidèle au principe de subsidiarité (art. 3, al. 1 LApEI), la branche a créé dans le cadre du projet Merkur Access II, grâce à des spécialistes, un ouvrage extensif de règlements encadrant l'approvisionnement en électricité sur un marché ouvert. Grâce à cet ouvrage, l'économie électrique dispose d'une recommandation reconnue dans toute la branche traitant de l'utilisation des réseaux électriques et de l'organisation du commerce de l'énergie.

La LApEI et l'OApEI exigent la mise sur pied par la branche de directives pour divers domaines spécifiques. Les documents de la branche sont la réponse à cette attente. Les passages correspondants répartis dans les divers documents sont indiqués à la section 7 du Modèle de marché pour le courant électrique – Suisse (MMEE – CH).

Le Modèle d'utilisation des réseaux de distribution (MURD – CH), le Modèle d'utilisation des réseaux de transport (MURT – CH), le Transmission Code (TC – CH), le Balancing Concept (BC – CH), le Metering Code (MC – CH) et le Distribution Code (DC – CH) sont des documents clés parmi les documents de la branche.

La branche a élaboré les documents d'application, ainsi que les «outils» nécessaires en se basant sur les documents centraux.

Le présent document «Recommandation pour le raccordement au réseau des installations de production d'énergie» est un document d'application.





## **1. Introduction**

### **1.1 Généralités**

Les besoins en énergies renouvelables et le contexte politique entraînent des mutations profondes en matière de production d'énergie. La situation est marquée par le passage progressif d'un nombre restreint de grandes centrales à une multitude d'installations de production d'énergie (IPE) disséminées sur le territoire. A l'avenir, ces petites installations plus modestes décentralisées vont se multiplier, augmentant ainsi leur part dans la puissance totale générée. Elles sont par conséquent en passe de devenir un pilier important de notre approvisionnement en énergie. Ainsi, ce sont donc non seulement les grandes centrales, mais aussi les installations de petite taille et de taille moyenne qui devront répondre aux exigences techniques correspondantes.

Cette évolution du concept de production d'énergie a un impact sur le réseau, notamment sur le réseau de distribution. Les techniques primaire et secondaire doivent par conséquent être adaptées à cette nouvelle situation.

### **1.2 Objectif de la recommandation de la branche**

La recommandation RR/IPE fixe les exigences techniques relatives au raccordement des IPE au réseau de distribution et définit les règles de la technique reconnues en matière de raccordement et d'exploitation parallèle des IPE.

Elle ne traite pas des renforcements du réseau pouvant s'avérer nécessaires. Ces derniers doivent être envisagés dans le cadre d'instructions ou de directives de l'EICom.

### **1.3 Documents de la branche existants**

Le contenu du présent document est harmonisé avec celui du DC-CH.

La recommandation RR/IPE couvre les aspects techniques, tandis que le document NA/RR est consacré aux aspects économiques.



## 2. Termes et définitions

Le sens des termes utilisés dans le présent document est le suivant:

Court-circuit	Dans les réseaux avec le point neutre mis à la terre rigidement ou à travers une faible résistance ohmique: contact d'une phase avec la terre ou contact entre deux / trois phases avec ou sans contact avec la terre Dans les réseaux avec un point neutre isolé ou une compensation du courant de mise à la terre: contact entre deux / trois phases avec ou sans contact avec la terre
Défaut à la terre	Contact d'une phase avec la terre dans un réseau compensé, partiellement compensé ou avec neutre isolé
Dispositif de raccordement	Ensemble des équipements nécessaires au raccordement d'une unité de production ou d'une installation de production au réseau du gestionnaire de réseau de distribution
DSF	Délestage pour sous-fréquence
Exploitant d'IPE	Entité responsable de l'exploitation d'une installation de production
Gestionnaire de réseau de distribution [GRD]	Exploitant du réseau électrique auquel l'installation de production est raccordée
Installation de production d'énergie [IPE]	Installation comprenant une ou plusieurs unités de production d'énergie électrique (y compris le dispositif de raccordement) et tous les dispositifs électriques nécessaires à l'exploitation
Point de raccordement	Emplacement du raccordement au réseau du GRD
Protection RI	Protection du réseau et de l'installation
Réenclenchement automatique	Réenclenchement commandé par un dispositif automatique après déclenchement par la protection sélective
Réseau basse tension [BT]	Au sens de la présente recommandation: réseau de distribution dont la tension nominale est inférieure à 1000 V (NR 7)
Réseau en îlot	Zone de desserte délimitée temporairement séparée du réseau du GRD (p. ex. suite à une perturbation) et qui maintient son propre approvisionnement en électricité via une IPE
Réseau haute tension [HT]	Au sens de la présente recommandation: réseau de distribution dont la tension nominale s'élève de 36 à < 220 kV (NR 3)
Réseau moyenne tension [MT]	Au sens de la présente recommandation: réseau de distribution dont la tension nominale s'élève de 1 à <36 kV (NR 5)
Réseau très haute tension [THT]	Au sens de la présente recommandation: réseau de distribution dont la tension nominale est supérieure ou égale à 220 kV (NR 1)
Sous-station	Station comprenant les postes de couplage ou les transformateurs pouvant être assignés au niveau de réseau 4 ou à un niveau de réseau supérieur
Station transformatrice	Station comprenant les postes de couplage et les transformateurs des niveaux de réseau 5 et 6, mais pas les installations des niveaux de réseau supérieurs
Uc	Tension d'alimentation convenue entre le gestionnaire de réseau de distribution et l'utilisateur du réseau



Un	Tension permettant de définir ou d'identifier le réseau de distribution et à laquelle se réfèrent certaines caractéristiques d'exploitation
Unité de production d'énergie électrique [UPE]	Unité séparée destinée à la production d'énergie électrique

### Abréviations

DC-CH	Distribution Code Suisse
EICom	Commission fédérale de l'électricité
ESTI	Inspection fédérale des installations à courant fort
GRD	Gestionnaire de réseau de distribution
LApEI	Loi sur l'approvisionnement en électricité (RS 734.7)
MC-CH	Metering Code Suisse
NA / RR	Recommandation Raccordement au réseau (pour les personnes raccordées au réseau de distribution)
OApEI	Ordonnance sur l'approvisionnement en électricité (RS 734.71)
PDIE-CH(d)	Prescriptions des distributeurs d'électricité Suisse alémanique
TC-CH	Transmission Code



### 3. Champ d'application

Le présent document décrit les exigences techniques relatives au raccordement et à l'exploitation des installations de production pour le réseau de basse, moyenne et haute tension du GRD (niveaux de réseau 3 à 7).

Par le biais de cette recommandation, le GRD fixe des obligations techniques à l'exploitant d'IPE. Les lois, normes et exigences relatives à l'état de la technique en vigueur doivent par ailleurs être respectées dans le cadre de la planification, de la construction et de l'exploitation des installations de production.

Les dispositions définies dans la présente recommandation ne doivent pas encore être appliquées pour les installations déjà autorisées par le GRD. Pour toutes les IPE n'ayant pas encore reçu l'autorisation du GRD, les directives sont applicables immédiatement. Toutes les nouvelles installations devront les avoir mises en œuvre dans les 12 mois suivant l'entrée en vigueur de la présente recommandation.

La présente recommandation est applicable dans la mesure où aucun autre accord n'a été conclu entre l'exploitant d'IPE et le GRD.

Ce document concerne principalement les types d'installations de production suivants:

- les installations hydroélectriques
- les éoliennes
- les installations photovoltaïques
- les installations de production thermiques et chimiques (y compris accumulateurs)

L'injection d'énergie électrique peut notamment avoir lieu:

- directement dans le réseau via des générateurs de courant triphasé,
- indirectement dans le réseau via des générateurs de courant triphasés avec convertisseurs de fréquence,
- via une installation de production à travers un onduleur ou une combinaison de ces variantes avec des transformateurs.

La présente recommandation est applicable aux installations et unités de production nouvelles ainsi qu'à celles qui subissent des modifications substantielles, ce qui inclut, par exemple, la rénovation de l'installation de production ou le remplacement de l'IPE.

Pour les groupes de secours, il est judicieux de déroger aux exigences de la présente recommandation (p. ex. l'exigence relative aux services-système ne doit pas être respectée, contrairement aux dispositions relatives à la protection du réseau [défaillance au sein du réseau basse ou moyenne tension]). Ces exceptions doivent être convenues et consignées pour chaque projet et pour chaque installation par l'exploitant d'IPE et le GRD.

Le GRD peut exiger qu'une installation à construire ou existante fasse l'objet de modifications ou de compléments, dans la mesure où ceux-ci sont nécessaires pour garantir un approvisionnement sûr et sans perturbation.



De manière générale, les lois, normes, directives et recommandations suivantes doivent être respectées (voir liste des sources):

- les fondements législatifs et les ordonnances d'exécution correspondantes (p. ex. loi sur l'électricité, ordonnance sur le courant fort, LApEI, OApEI, OIBT)
- le Transmission Code Suisse et le Distribution Code Suisse
- les normes techniques applicables
- les conditions techniques de raccordement (CTR) et les prescriptions des distributeurs d'électricité (PDIE) des différents GRD
- les règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseaux DACHCZ et le document complémentaire relatif à l'évaluation des installations pour le raccordement aux réseaux de distribution haute tension
- le guide de protection de la fédération allemande des industries de l'électrotechnique, de l'électronique et de l'ingénierie de l'information (VDE) et l'annexe de l'AES destinée à la Suisse

les autres recommandations et règles techniques reconnues des associations professionnelles suisses et internationales

### **3.1 Classification des installations de production d'énergie (IPE)**

Les IPE sont classées selon les critères suivants:

- puissance totale
- niveau de tension sur lequel a lieu l'injection de courant
- type d'installation de production (type d'alternateur)

Cette classification donne lieu à des exigences différentes en situation d'exploitation normale, en cas de perturbation et en matière de raccordement au réseau.



Type 1: synchrone

Type 2: asynchrone, onduleur + autres

<b>A</b> 800VA à < 1 MVA	<b>B</b> 1 MVA à < 50 MVA	<b>C</b> 50 MVA à < 75 MVA	<b>D</b> ≥ 75 MVA ...	<b>D</b>
--------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	----------

Répartition des installations de production /répartition par type

### 3.1.1 Classification des niveaux de réseau

Le présent document traite des raccordements et de l'exploitation des IPE possédant un point de raccordement aux niveaux de réseau 3, 5 et 7.

- Niveau de réseau 3: haute tension de 36 kV à < 220 kV
- Niveau de réseau 5: moyenne tension de 1 kV à < 36 kV
- Niveau de réseau 7: basse tension < 1 kV

### 3.1.2 Classement par puissance

Les unités de production sont réparties en quatre classes, de A à D, en fonction de leur puissance d'injection totale au point de raccordement. Les installations raccordées à 110 kV ou à une tension supérieure sont considérées comme des installations de type D.

Tableau 1: Classement des UPE par puissance

Classe de puissance	Puissance totale
Type A	A partir de 800 VA
Type B	A partir de 1 MVA
Type C	A partir de 50 MVA
Type D	A partir de 75 MVA



### 3.1.3 Caractéristiques des unités de production

Les IPE sont classées comme suit, en fonction des caractéristiques de leurs unités de production:

- Type 1        unités de production synchrones
- Type 2        unités de production asynchrones et autres (y compris onduleurs)

### 3.1.4 Combinaison de la puissance et des caractéristiques

Les classes A à D, réparties en fonction de leur puissance totale, peuvent être combinées au choix avec les caractéristiques de type 1 ou 2. En cas de combinaison, les types indiqués correspondent par exemple aux données suivantes:

- Type A1        puissance de 800 W à < 1 MVA, synchrone
- Type A2        puissance de 800 W à < 1 MVA, asynchrone et autres
- Type B1        puissance de 1 MVA à < 50 MVA, synchrone
- Type B2        puissance de 1 MVA à < 50 MVA, asynchrone et autres
- etc.

## 4. Répercussions techniques et recommandations pour le réseau

Le recours à des installations de production d'énergie décentralisées a des répercussions sur le réseau de distribution, différentes selon le niveau de réseau concerné.

### 4.1 Réseau haute tension

#### 4.1.1 Planification et structure du réseau

Le raccordement d'installations de production au réseau a un impact sur les charges, les tensions et la puissance de court-circuit au sein du réseau. Dans ce contexte, non seulement les installations directement raccordées au réseau HT, mais l'ensemble des installations de production (y compris aux NR 5 et 7) ont un impact important sur le réseau HT. Les variables suivantes doivent faire l'objet d'une analyse:

#### Charge

L'injection de courant par les installations de production pourrait rendre nécessaire l'augmentation de la capacité des éléments du réseau (p. ex. des transformateurs ou des lignes). Une surcharge du réseau peut être évitée en limitant la puissance d'injection des IPE.

#### Qualité de la tension

L'injection de courant par les installations de production influence la qualité de la tension. Il convient par conséquent de vérifier si des mesures sont nécessaires du fait de l'injection des IPE et de son impact sur la qualité de la tension.





### **Puissance de court-circuit**

Les injections supplémentaires ont un impact sur la puissance de court-circuit du réseau. Il convient, lors de la planification du réseau, de définir la puissance de court-circuit (courant de court-circuit) à laquelle le réseau peut encore être exploité, de manière que les défauts dangereux puissent être identifiés correctement par le système de protection du réseau et éliminés par déclenchement.

#### **4.1.2 Technique primaire**

En se basant sur les nouveaux paramètres du réseau (charge et puissance de court-circuit), il convient de vérifier si la technique primaire (p. ex. les transformateurs d'intensité et les disjoncteurs) est encore conforme aux nouvelles exigences ou si elle doit être adaptée.

#### **4.1.3 Technique secondaire**

Lors du raccordement d'installations de production, il convient de définir si la technique secondaire existante (technique de protection, commande de travée, contrôle-commande de station, contrôle-commande du réseau) répond aux exigences nécessaires. Le GRD peut prendre le contrôle de l'injection de puissance active et réactive via les installations de technique secondaire et/ou une intégration de l'IPE dans le système de communication du centre de conduite du réseau.

#### **4.1.4 Protection du réseau**

Si les installations de production sont directement raccordées à un poste de couplage haute tension, il faut examiner si une protection de jeu de barres et une protection contre les défaillances de disjoncteur sont nécessaires.

Lors de la modification de la puissance de court-circuit et de la répartition des courants de court-circuit, les valeurs de réglage des relais de protection doivent être vérifiées et ajustées si nécessaire.

### **Exploitation de réseaux en îlot**

L'exploitation de réseaux en îlot non autorisés doit être évitée. L'îlotage n'est permis que lorsque le réseau est séparé galvaniquement du réseau du GRD. L'exploitant d'un réseau en îlot est responsable de la sécurité, de la qualité de la tension et de la fréquence.

## **4.2 Réseau moyenne tension**

### **4.2.1 Planification et structure du réseau**

Le réseau MT a été conçu et réalisé pour répartir l'énergie électrique et, dans de rares cas, pour transporter l'énergie produite (injection).

Le raccordement d'installations de production au réseau a un impact sur les charges, les tensions et la puissance de court-circuit au sein du réseau. Dans ce contexte, non seulement les installations directement raccordées au réseau MT, mais l'ensemble des installations de production (y compris au NR 7) ont un impact important sur le réseau MT. Les variables suivantes doivent faire l'objet d'une analyse.



## **Charge**

L'injection de courant par les installations de production pourrait rendre nécessaire l'augmentation de la capacité des éléments du réseau (p. ex. des transformateurs ou des lignes). La surcharge du réseau (p. ex. en cas de faible charge) peut être évitée en limitant la puissance d'injection de l'IPE.

## **Qualité de la tension**

L'injection de courant par les installations de production influence la qualité de la tension. Il convient par conséquent de vérifier si des mesures sont nécessaires du fait de l'injection des IPE et de son impact sur la qualité de la tension.

## **Puissance de court-circuit**

Le raccordement d'installations de production conduit au sein du réseau MT à l'apparition de nouveaux points d'injection disposant souvent d'une faible puissance de court-circuit.

Il convient, lors de la planification du réseau, de définir la puissance de court-circuit la plus faible (courant de court-circuit) à laquelle le réseau peut encore être exploité, de manière que les défauts dangereux puissent être identifiés correctement par le système de protection du réseau et éliminés par déclenchement.

### **4.2.2 Technique primaire**

En se basant sur les nouveaux paramètres du réseau (charge et puissance de court-circuit), il convient de vérifier si la technique primaire (p. ex. les transformateurs d'intensité et les disjoncteurs) est encore conforme aux nouvelles exigences ou si elle doit être adaptée.

### **4.2.3 Technique secondaire**

Lors du raccordement d'installations de production, il convient de définir si la technique secondaire existante (technique de protection, commande de travée, contrôle-commande de station, contrôle-commande du réseau) répond aux exigences nécessaires.

Le GRD peut prendre le contrôle de l'injection de puissance active et réactive via les installations de technique secondaire et/ou une intégration de l'IPE dans le système de communication du centre de conduite du réseau.

### **4.2.4 Protection du réseau**

Le raccordement d'installations de production au réseau moyenne et basse tension génère de nouvelles sources d'énergie électrique dans le réseau MT, qui, lors de défauts dans le réseau, alimente également ces défauts. Lorsqu'un défaut survient dans le réseau moyenne tension, l'ensemble des sources possibles du départ concerné de la sous-station, qui alimentent le courant de court-circuit, doivent être automatiquement séparées du réseau. Lors de la modification de la puissance de court-circuit et de la répartition des courants de court-circuit, les valeurs de réglage des relais de protection doivent être vérifiées et ajustées si nécessaire.

Les IPE > 1 MVA (type B) avec un raccordement direct au réseau MT contribuent à la stabilité dynamique du réseau. Cela signifie qu'en cas de creux de tension temporaires provoqués par le réseau HT ou le réseau MT éloigné (défaillances sur d'autres départs de la sous-station), les installations destinées à soutenir le réseau doivent rester raccordées.



Si les installations de production sont directement raccordées à une installation de couplage moyenne tension de la sous-station, il convient de vérifier si l'utilisation d'une protection de jeu de barres et d'une protection contre les défaillances de disjoncteur est à prévoir. Dans ce contexte, il est nécessaire, de prendre en compte le fait que le courant de court-circuit que fournissent les installations de production est parfois plus faible que le courant nominal d'un départ.

### **Exploitation de réseaux en îlot**

L'exploitation de réseaux en îlot non autorisés doit être évitée. L'îlotage n'est permis que lorsque le réseau est séparé galvaniquement du réseau du GRD. L'exploitant d'un réseau en îlot est responsable de la sécurité, de la qualité de la tension et de la fréquence.

## **4.3 Réseau basse tension**

### **4.3.1 Planification et structure du réseau**

Le réseau BT a été conçu et réalisé pour répartir l'énergie électrique et, dans de rares cas, pour transporter l'énergie produite (injection).

Le raccordement d'installations de production au réseau a un impact sur les charges, les tensions et les puissances de court-circuit au sein du réseau. Les variables suivantes doivent faire l'objet d'une analyse:

#### **Charge**

L'injection de courant par les installations de production pourrait rendre nécessaire l'augmentation de la capacité des éléments du réseau (p. ex. des transformateurs ou des lignes). La surcharge du réseau peut être évitée en limitant la puissance d'injection de l'IPE.

#### **Qualité de la tension**

L'injection de courant par les installations de production influence la qualité de la tension. Il convient par conséquent de vérifier si des mesures sont nécessaires du fait de l'injection des IPE et de son impact sur la qualité de la tension.

#### **Puissance de court-circuit**

Le raccordement d'installations de production conduit au sein du réseau BT à l'apparition de nouveaux points d'injection disposant souvent d'une faible puissance de court-circuit.

### **4.3.2 Point de raccordement**

En se basant sur les nouveaux paramètres du réseau (charge et puissance de court-circuit), il convient de vérifier si le point de raccordement est encore conforme aux nouvelles exigences ou s'il doit être adapté.

### **4.3.3 Commande et réglage**

Le GRD peut prendre le contrôle de l'injection de puissance active et réactive via les installations de technique secondaire et/ou une intégration de l'IPE dans le système de communication du centre de conduite du réseau.



#### **4.3.4 Protection du réseau**

Le raccordement d'installations de production au réseau basse tension génère de nouvelles sources d'énergie électrique dans le réseau BT, qui lors de défaut dans le réseau alimentent également le défaut. Lorsqu'un défaut survient dans le réseau basse tension, l'ensemble des sources possibles du départ concerné de la sous-station, qui alimente le courant de court-circuit ou de terre dangereux, doivent être automatiquement séparées du réseau.

#### **Exploitation de réseaux en îlot**

L'exploitation de réseaux en îlot non autorisés doit être évitée. L'îlotage n'est permis que lorsque le réseau est séparé galvaniquement du réseau du GRD. L'exploitant d'un réseau en îlot est responsable de la sécurité, de la qualité de la tension et de la fréquence.

## **5. Exigences relatives au raccordement au réseau haute tension NR 3**

### **5.1 Généralités**

Le présent chapitre définit les exigences envers les IPE disposant d'un point de raccordement au réseau haute tension.

L'espace nécessaire aux dispositifs du GRD destinés au raccordement de l'IPE (p. ex. technique secondaire et mesure pour le décompte avec raccordement de communication) est mis à disposition gratuitement par le bénéficiaire du raccordement.

Les installations de production doivent être déclarées par le biais d'une demande de raccordement déposée auprès du GRD afin de procéder à une évaluation. Cette demande doit être accompagnée des documents correspondants. Les détails relatifs aux points de raccordement au réseau techniquement envisageables sont communiqués par écrit à l'exploitant de l'IPE.

La puissance maximale pouvant être injectée dans le réseau haute tension à un point donné dépend des conditions existantes sur le réseau, ainsi que du type et du mode d'exploitation de l'installation de production. Il n'est pas possible d'indiquer une puissance générale. Celle-ci ne peut être définie au cas par cas que par le biais de calculs réseau.

En termes de puissance, on est en principe en présence d'IPE de type B, C et D pour l'injection dans un réseau haute tension. Pour ce qui est des caractéristiques physiques, des alternateurs synchrones ou asynchrones, ainsi que des onduleurs peuvent être utilisés.

La classification d'une IPE s'effectue en fonction de la puissance d'injection au point de raccordement, qui, pour les deux types de machines, peut comporter une ou plusieurs unités de production. En cas d'installation de production mixte (type 1 et 2), le GRD décide, en concertation avec l'exploitant d'IPE, de la manière dont les installations doivent être gérées.



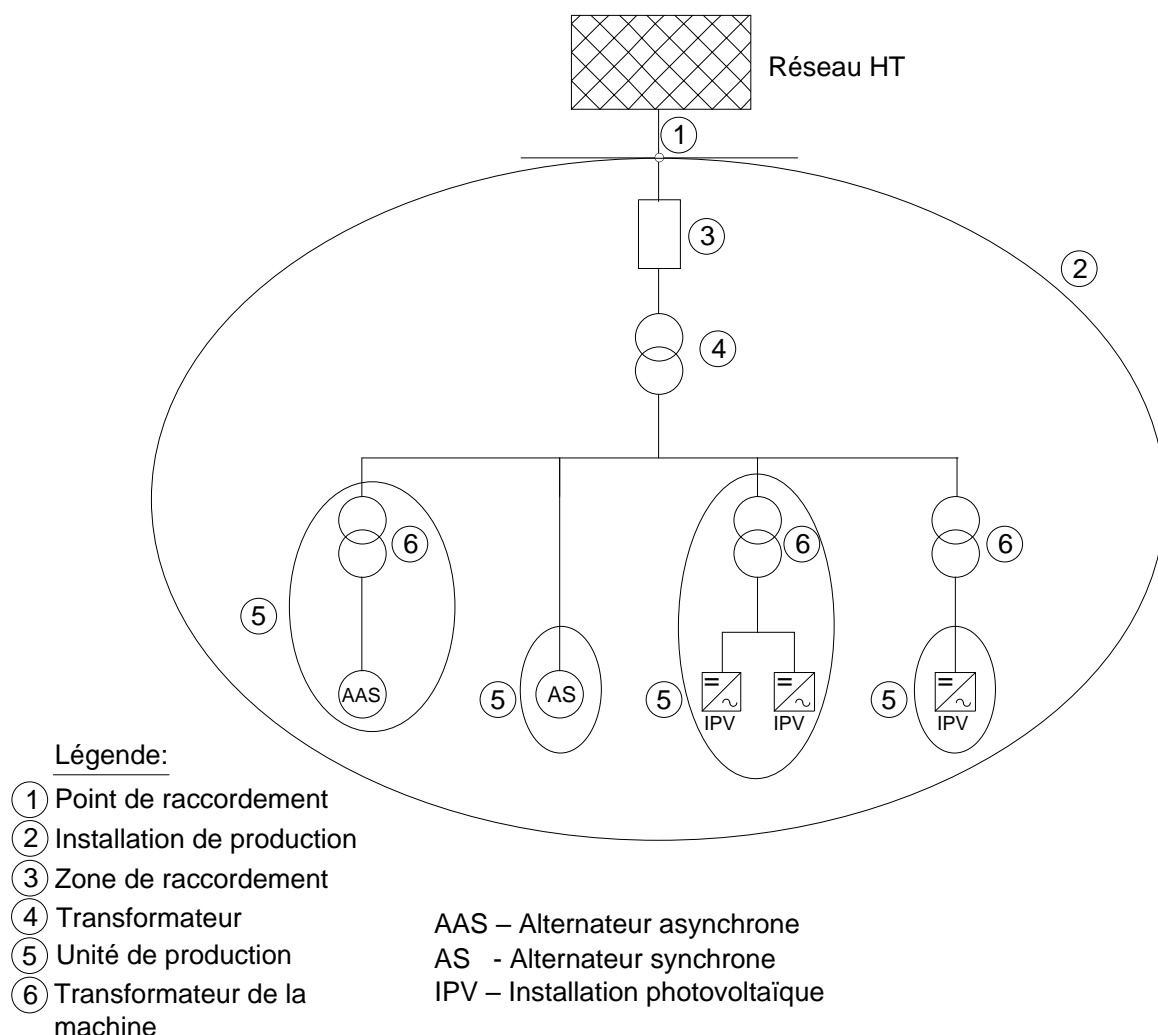


Figure 1: Variantes de raccordement avec différents types de machines sur un réseau haute tension

## 5.2 Technique primaire du point de raccordement

Le raccordement de l'installation de production s'effectue via un dispositif prévu à cet effet. Les particularités de ce dispositif sont définies au cas par cas par le GRD et l'exploitant de l'IPE. Ce dernier doit établir à cet effet un schéma unipolaire. L'ensemble du dispositif de raccordement installé doit répondre aux normes en vigueur et à l'état actuel de la technique.

Dans la mesure où l'installation de production est censée participer au renforcement dynamique du réseau via l'injection de courant réactif, les dispositifs de protection et les transformateurs correspondants doivent être prévus par le bénéficiaire du raccordement. Il est essentiel que les transformateurs de courant et de tension nécessaires pour une protection de distance soient présents au point de raccordement. Le dispositif de protection de distance doit alors agir sur le disjoncteur du point de raccordement ou sur celui de l'alternateur.



Une zone de raccordement peut comporter les composants primaires cités ci-après et doit être coordonnée en concertation avec le GRD. La mise en place et le dimensionnement, notamment l'utilisation conjointe des transformateurs de courant et de tension, doivent être définis par les parties au contrat.

- Section du jeu de barres et disjoncteur
- Sectionneur de terre ou points fixes de mise à la terre
- 3 transformateurs de tension avec au moins un enroulement destiné aux dispositifs de protection, de commande, de mesure et de décompte. Dans les réseaux isolés ou mis à la terre à travers une bobine de Petersen, un second enroulement est nécessaire pour la protection contre la ferro-résonance.
- 2 à 4 noyaux de transformateurs de courant par phase pour les dispositifs de protection, de commande, de mesure et de décompte
- Examiner si 1 transformateur de courant homopolaire, transformateur tore, est nécessaire pour la protection dans les réseaux isolés ou mis à la terre à travers une bobine de Petersen.
- Traitement de gaines de câbles pour les installations câblées
- Parafoudre

Les composants primaires doivent notamment être décrits à l'aide des valeurs de référence suivantes:

- Tension nominale
- Fréquence nominale
- Régime de neutre du réseau
- Tension d'exploitation ( $U_c$ ) avec tolérance de tension
- Courant de service maximal
- Courants de mise à la terre et de court-circuit maximaux
- Tension maximale pour les équipements ( $U_m$ )

Le GRD définit les valeurs de référence nécessaires pour le dimensionnement du dispositif de raccordement et l'IPE/UPE.

Le réseau de mise à la terre doit être dimensionné et construit à l'aide des courants de court-circuit et de mise à la terre indiqués.

## **5.3 Technique secondaire**

### **5.3.1 Commande, réglage et mesure**

L'exploitant d'IPE est responsable de la commande et de la synchronisation de son installation. Il convient de garder à l'esprit que le GRD ne contrôle pas la synchronisation des ordres d'enclenchement provenant de la commande de l'unité ou de l'installation de production. Le GRD peut mettre à la disposition de l'exploitant d'IPE soit la tension du transformateur de tension des barres collectrices, soit celle de l'image de tension des barres collectrices de la sous-station (générée par les transformateurs de tension des départs).

La primauté de commande au point de raccordement doit être définie par le GRD et l'exploitant d'IPE avant la mise en service de l'installation.



L'IPE doit posséder ou mettre à disposition les interfaces décrites ci-dessous pour la commande, le réglage et la mesure. Ces interfaces peuvent être réalisées via un bus de raccordement ou via des entrées/sorties analogiques ou digitales.

### **Entrée analogique destinée au réglage de la puissance réactive**

La commande de l'IPE doit posséder au minimum une entrée analogique permettant au GRD de commander la puissance réactive (p. ex.  $\cos\phi$ ) au point de raccordement. Pour chaque projet, il convient de définir dans le cadre d'un contrat, à quel moment et dans quelle plage cette dernière doit être réglée, ainsi que la façon dont l'interface sera réalisée techniquement.

### **Réglage de la puissance active en fonction de la valeur de consigne**

La commande de l'IPE doit disposer au minimum des entrées binaires suivantes, permettant au GRD d'arrêter l'installation de production ou de réduire la puissance d'injection en cas d'urgence (p. ex. pour éviter un effondrement du réseau):

- Une entrée binaire pour 60% de la puissance nominale
- Une entrée binaire pour 30% de la puissance nominale
- Une entrée binaire pour 0% de la puissance nominale

Les installations de production doivent par ailleurs être en mesure de réduire leur puissance active par paliers de 10% minimum de la puissance active maximale. Une réduction de la puissance active à la valeur théorique indiquée par le GRD doit être possible pour chaque état d'exploitation et pour chaque point de fonctionnement.

Si seules des entrées analogiques sont disponibles et adaptées, il est également possible de les utiliser.

### **Autorisation externe pour la connexion au réseau**

Le GRD peut exiger une entrée binaire lui permettant d'autoriser la connexion au réseau (couplage au réseau) de l'alternateur.

### **Contact libre de potentiel pour les feed-back au GRD**

L'exploitant d'IPE met à la disposition du GRD les signalisations en retour suivantes, y compris les signalisations de défaut, comme signaux binaires conventionnels (contacts libres de potentiel):

- positions de tous les appareils de couplage de la travée de raccordement
- signalisation groupée du déclenchement par protection

### **Valeurs de mesure**

Les valeurs de mesure exigées, par ex. l'électricité, la tension, la puissance active et réactive, etc. doivent être remises au GRD par le biais d'une interface adéquate.





### 5.3.2 Protection

La protection revêt une importance considérable pour une exploitation sûre et fiable. Il en va de la responsabilité de l'exploitant d'IPE de s'assurer que sa propre protection est garantie. Le cas échéant, les fonctions de protection décrites dans le présent document doivent être complétées par le bénéficiaire du raccordement de l'installation de production. Sa propre protection ne peut toutefois être inférieure aux exigences décrites dans cette recommandation.

Les dispositifs de protection doivent identifier et mettre hors circuit les défauts (p. ex. courts-circuits et défauts à la terre) du côté de l'IPE. Ceux survenant sur le réseau proche (p. ex. sur le même niveau de tension) doivent également pouvoir être détectés, afin que l'IPE se déconnecte du réseau au terme d'un délai prédéfini. L'exploitant d'IPE doit installer à cet effet suffisamment de dispositifs de protection. Ces mesures de protection doivent également être garanties dans le cadre de l'exploitation en îlotage (pour les installations concernées).

Le concept et les réglages de protection de l'interface entre le GRD et l'exploitant d'IPE doivent être définis par les deux partenaires pour chaque projet lors de la phase de planification. Au point de raccordement, des dispositifs adéquats doivent être prévus pour la protection du réseau et pour celle de l'installation de l'exploitant d'IPE. Les valeurs de réglage de la protection ayant un impact sur le réseau sont indiquées par le GRD. Les réglages de protection concernant le réseau de distribution et la protection propre des IPE/UPE sont convenus entre le GRD et l'exploitant d'IPE. Si nécessaire, le GRD peut exiger a posteriori d'autres réglages de protection en concertation avec l'exploitant d'IPE.

Si le disjoncteur de la sous-station est également celui de l'alternateur, une protection contre les défaillances de disjoncteur (PDD) doit être mise en place. Les partenaires doivent décider quels signaux activent cette protection et sur quels éléments sont envoyés les ordres de déclenchement.

Les fonctions liées au courant et à la tension doivent généralement être triphasées.

La Figure 2, le Tableau 2 et le Tableau 3 présentent un aperçu des fonctions de protection nécessaires.



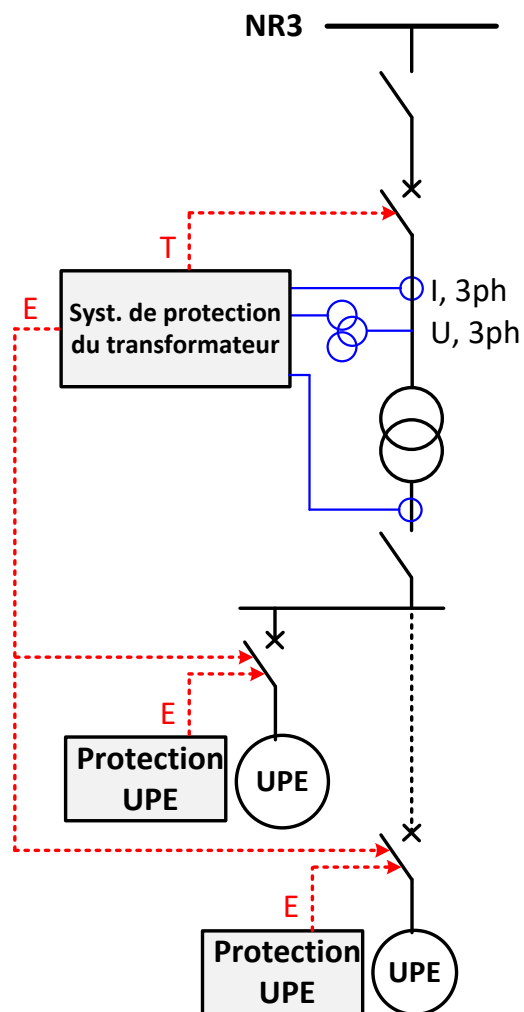


Figure 2: Exemple de raccordement d'IPE au NR 3

Tableau 2: Fonctions de protection au point de raccordement NR 3

Système de protection		Description
<i>Fonction de protection</i>		
$I >, I >>$ (50/51)	T & E	Protection court-circuit du transformateur
$I_o >$ (51N)	T & E *	Protection de mise à la terre du transformateur
$U_o >$ (59N)	T *	Protection de mise à la terre du réseau
$\Delta I$ (87T)	T & E	Protection différentielle du transformateur
$Z <$ protection de distance (21)	T & E	Protection court-circuit du réseau et du transformateur



Tableau 3: Fonctions de protection de l'UPE pour le réseau NR 3

Protection de l'UPE		Description
<i>Fonction de protection</i>		
U<, U<< (27)	E	Protection de sous-tension
U>, U>> (59)	E	Protection de surtension
f<, f> (81)	E	Protection de fréquence
Réseau en îlot	E	Identification du réseau en îlot
Réduction 50,2 Hz	E	Réduction de la puissance en cas de surfréquence
Protection Q-U	E **	Protection directionnelle de puissance réactive / de sous-tension
I>/U<	E	Protection de surintensité dépendant de la tension

Les chiffres entre parenthèses correspondent au standard IEEE C37.2 de l'Institut de normalisation américaine (ANSI).

T = déclenchement du disjoncteur du transformateur

E = déclenchement du disjoncteur de l'UPE

\* si exigé par le GRD (dépendant du concept de protection et du régime du neutre)

\*\* peut également être réalisé dans le relais de protection du transformateur (voir ch. 5.4.3.3)

Le gestionnaire de l'installation doit prévoir d'autres fonctions de protection pour l'UPE.

Les valeurs proposées pour les réglages de protection sont indiquées au chapitre 5.4.3 «Comportement en cas de perturbation sur le réseau».

### 5.3.3 Energie auxiliaire

Le dispositif de raccordement doit disposer d'une alimentation auxiliaire propre. Lorsque le fonctionnement des dispositifs de protection ou le déclenchement des disjoncteurs nécessite une tension auxiliaire, une alimentation des services auxiliaires indépendante de la tension du réseau doit être présente (p. ex. batterie, condensateur, courant du transformateur). L'alimentation auxiliaire propre de l'installation de raccordement (énergie auxiliaire comprise) est de la responsabilité du gestionnaire de l'IPE. En cas de commande à distance, celle-ci doit également être assurée via une énergie de secours indépendante du réseau. Si une alimentation de secours est nécessaire sur une longue durée, sa capacité doit être dimensionnée de manière à ce que le dispositif de raccordement puisse être exploité au moins pendant huit heures avec tous les dispositifs de protection, dispositifs secondaires et dispositifs de secours en cas de défaillance de la tension du réseau.



## 5.4 Comportement de l'IPE sur le réseau

### 5.4.1 Exploitation normale

La mise en service ainsi que les arrêts et les redémarrages des installations sur le réseau doivent être convenus au cas par cas avec le GRD.

L'IPE doit pouvoir être exploitée avec une puissance réduite. Le GRD est autorisé à exiger une limitation temporaire de la puissance d'injection ou à décider d'un arrêt de l'installation. L'exploitant d'IPE est tenu d'arrêter son installation à la demande du GRD et de la déconnecter du réseau.

Si des variations de tension non autorisées surviennent au cours de la synchronisation d'installations de production raccordées au réseau par des dispositifs de synchronisation et de réglage automatique de la tension, il convient d'optimiser les dispositifs de régulation de la tension et de synchronisation ainsi que de prévoir des mesures de limitation de courant.

Si le GRD souhaite fixer un objectif de tension à l'installation de production, cela doit faire l'objet d'une disposition dans le contrat de raccordement au réseau, qui définit également les équipements techniques nécessaires.

#### Réglage de la puissance réactive (soutien statique du réseau)

Les installations de production d'énergie doivent être en mesure, dans des conditions d'exploitation normales, d'émettre ou d'absorber une puissance réactive inductive ou capacitive dans la plage de facteurs de puissance suivantes:

$$\text{de } \cos\varphi = 0,9_{\text{sous-excité}} \text{ à } \cos\varphi = 0,9_{\text{surerexcité}}$$

Les valeurs en dehors de cette plage (p. ex. pour les machines synchrones) doivent être définies contractuellement.

Le GRD définit dans ce contexte les types de réglages et de commandes suivants:

- a) Facteur de déphasage fixe  $\cos\varphi$
- b) Facteur de déphasage  $\cos\varphi(P)$  (dépendant de la puissance active injectée)
- c) Puissance réactive constante  $Q$
- d) Courbe caractéristique de la puissance réactive / de la tension  $Q(U)$

Si une courbe caractéristique  $\cos\varphi(P)$  est fournie par le GRD, chaque valeur théorique résultant de la courbe doit s'ajuster automatiquement en l'espace de 10 secondes.



La Figure 3 présente un exemple de courbe caractéristique  $\cos\varphi(P)$ :

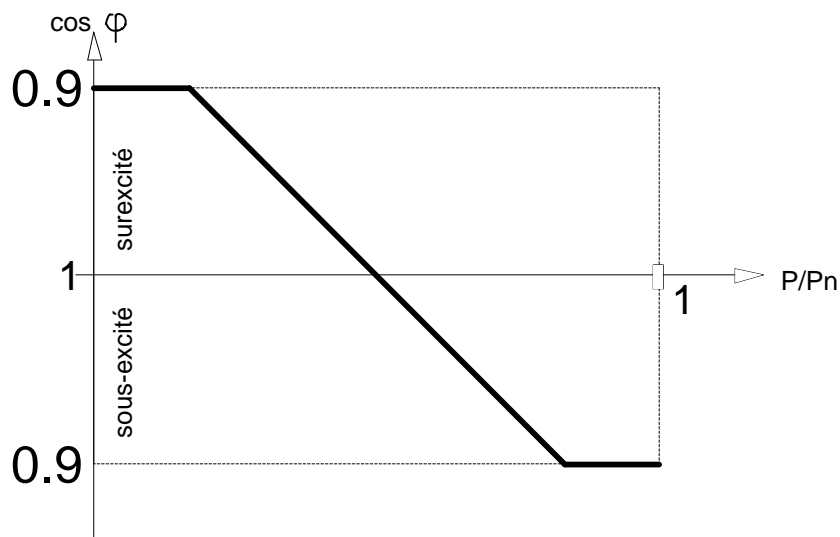


Figure 3: Exemple de courbe caractéristique  $\cos\varphi(P)$  haute tension

Pour éviter les fluctuations de tension en cas de variation de l'injection de puissance active, une courbe caractéristique avec un tracé continu et une pente délimitée doit être choisie. La procédure sélectionnée et les valeurs théoriques sont définies individuellement par le GRD pour chaque installation de production et consignées dans un accord.

#### 5.4.2 Comportement en cas de perturbation au sein de l'IPE

En cas de défaillance au sein de l'IPE (dans l'unité de production même ou dans le réseau partiel de l'IPE) présentant un risque pour le réseau, il est impératif de déconnecter immédiatement l'installation du réseau. Les courts-circuits et les défauts à la terre dans l'IPE doivent être identifiés et mis hors circuit par la protection de l'IPE (temporisation habituelle  $\leq 0,1$  seconde). Les autres défaillances doivent être traitées conformément à l'état de la technique et en fonction du type d'IPE.

#### 5.4.3 Comportement en cas de perturbation sur le réseau

##### 5.4.3.1 Généralités

Le GRD est autorisé, en cas de danger et de dérangement à déconnecter immédiatement l'IPE du réseau, et ce, notamment en situation d'urgence et sans en informer préalablement l'exploitant de l'installation.

Les réglages de protection doivent impérativement être coordonnés avec le GRD. Sur les réseaux de distribution, les temporisations finales typiques se situent entre 1 et 3s.

##### Courts-circuits et défauts à la terre dans le réseau

La procédure d'identification et de mise hors circuit des défauts à la terre dépend du régime du neutre du réseau haute tension et de la philosophie d'exploitation du GRD.



Les courts-circuits dans l'installation de la sous-station doivent être rapidement identifiés et déclenchés. La détection des défauts à la terre s'effectue conformément aux directives du GRD. Le concept de protection et les interfaces doivent être préalablement discutés, puis mis en œuvre en concertation avec le GRD.

La protection de l'IPE ou de l'UPE doit également pouvoir reconnaître les courts-circuits et les défauts à la terre dans le réseau.

### 5.4.3.2 Comportement tension-temps (courbes caractéristiques $u(t)$ )

En cas de creux de tension, les IPE doivent afficher un comportement conforme aux illustrations ci-dessous.

Sur le réseau haute tension, des périodes d'arrêt allant jusqu'à 3 secondes maximum sont possibles. Pendant la durée de ces défaillances, des creux de tension plus importants sont à prévoir.

Les courbes caractéristiques  $u(t)$  doivent être respectées au point de raccordement. Les pourcentages indiqués ci-dessous pour la tension se réfèrent à la tension composée. Les tableaux correspondants mentionnent quelques recommandations concernant la fonction de protection et les valeurs de réglage. Les valeurs de protection indiquées doivent être respectées au point de raccordement. Le déclenchement, respectivement déconnexion du réseau, a lieu de préférence au sein de l'IPE.

#### IPE de type D

Le comportement à adopter par les installations de type D en cas de creux de tension est décrit dans le Transmission Code Suisse (TC-CH 2013).

#### IPE de types B1 et C1 (alternateurs synchrones)

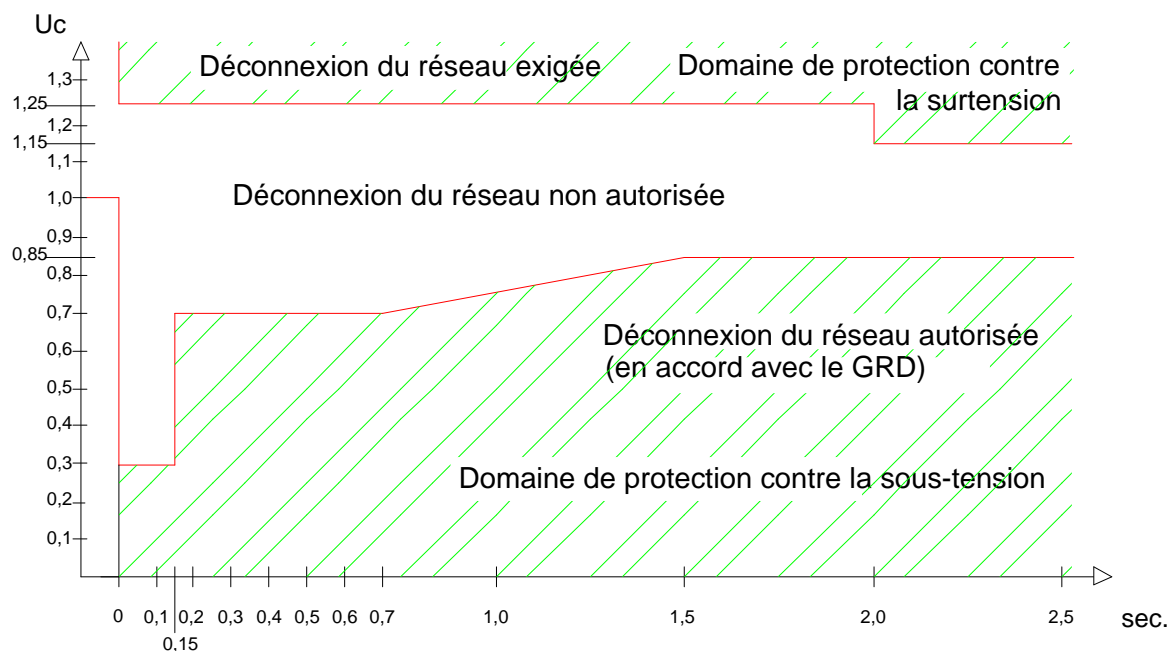


Figure 4: Courbes caractéristiques  $U(t)$  en cas de creux de tension des types B1 et C1 sur un réseau haute tension



Tableau 4: Recommandations de réglage pour le relais de protection de l'IPE de type B1 ou C1 au point de raccordement

Fonction	Plage de réglage du relais de protection	Valeurs de réglage de protection recommandées	
Protection de surtension $U>$ (valeur moyenne 10 min)*		$1,10 U_c$	instantané
Protection de surtension $U>$	$1,0...1,4 U_n$	$1,15 U_c$	2 s
Protection de surtension $U>>$	$1,0...1,4 U_n$	$1,25 U_c$	100 ms
Protection de sous-tension $U<$	$0,1...1,0 U_n$	$0,85 U_c$	1,5 s
Protection de sous-tension $U<<$	$0,1...1,0 U_n$	$0,30 - 0,70 U_c$	150 – 700 ms
Protection de surfréquence $f>$	50...53 Hz	51,5 Hz ( $U > 70\%U_c$ )	200 ms
Protection de sous-fréquence $f<$	47...50 Hz	47,5 Hz ( $U > 70\%U_c$ )	200 ms
<p><math>U_c</math>: tension réseau définie  <math>U_n</math>: tension nominale (valeur nominale)  instantané = 50...150 ms (pour éviter les fonctionnements intempestifs)  *si disponible  Remarque: prendre garde à la rechute (hystérésis) des relais en cas d'hyperfonction/de réenclenchement.</p>			





### IPE de types B2 et C2 (alternateurs asynchrones/autres)

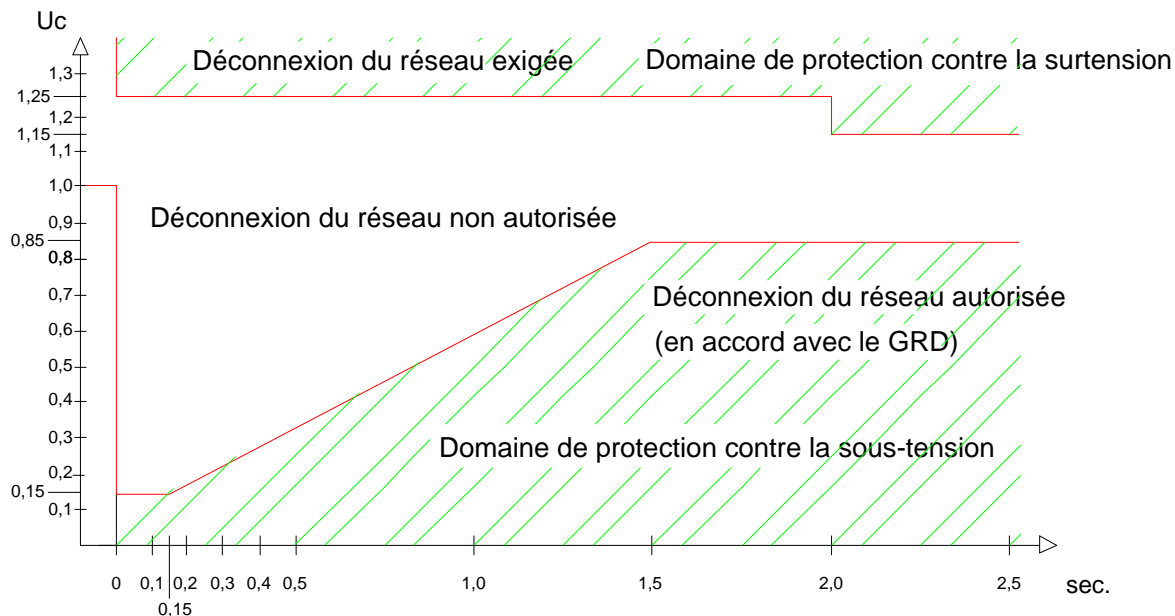


Figure 5: Courbes caractéristiques U(t) en cas de creux de tension des types B2 et C2 sur un réseau haute tension

Tableau 5: Recommandations de réglage pour le relais de protection de l'IPE de type B2 ou C2 au point de raccordement

Fonction	Plage de réglage du relais de protection	Valeurs de réglage de protection recommandées	
Protection de surtension $U >$ (valeur moyenne 10 min)*		$1,10 U_c$	instantané*
Protection de surtension $U >$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,15 U_c$	2 s
Protection de surtension $U >>$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,25 U_c$	100 ms
Protection de sous-tension $U <$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,85 U_c$	1,5 s
Protection de sous-tension $U <<$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,15 U_c$	150 ms
Protection de surfréquence $f >$	50...53 Hz	51,5 Hz ( $U > 70\%U_c$ )	200 ms
Protection de sous-fréquence $f <$	47...50 Hz	47,5 Hz ( $U > 70\%U_c$ )	200 ms

$U_c$ : tension réseau définie  
 $U_n$ : tension nominale (valeur nominale)  
 instantané = 50...150 ms (pour éviter les fonctionnements intempestifs)  
 \*les onduleurs doivent être réglés ainsi conformément aux normes  
 Remarque: prendre garde à la rechute (hystérésis) des relais en cas d'hyperfonction/réenclenchement.



### 5.4.3.3 Protection de puissance réactive et de sous-tension (protection Q-U)

La protection de puissance réactive et de sous-tension ( $Q \rightarrow$  &  $U <$ ), ci-après appelée protection Q-U, contrôle la conformité du comportement de l'installation de production au système suite à une défaillance sur le réseau. Les installations de production empêchant de restaurer la tension du réseau via le prélèvement de puissance réactive inductive sur le réseau sont déconnectées de ce dernier.

La protection Q-U déconnecte ainsi l'installation de production du réseau entre 0,5 s et 1,5 seconde (déconnexion avant le temps final de protection du réseau), lorsque les trois tensions composées au point de raccordement sont inférieures à  $0,85 U_c$  (opération ET logique) et que l'installation de production prélève simultanément de la puissance réactive inductive ( $> 5\%$  de la puissance nominale convenue) sur le réseau du GRD. En même-temps, il faut qu'un flux de charge correspondant soit disponible pour empêcher une hyperfonction de la reconnaissance de la puissance réactive. Le courant injecté devrait s'élever au moins à  $10\%$  du courant nominal. Si toutes ces conditions sont remplies, la protection Q-U est activée (temps de déclenchement  $0,5 \text{ s} - 1,5 \text{ s}$ , plus petit que le temps final de protection du réseau).

Pour les alternateurs asynchrones et les générateurs avec inducteur à aimant permanent, la protection Q-U au point de raccordement est absolument nécessaire.

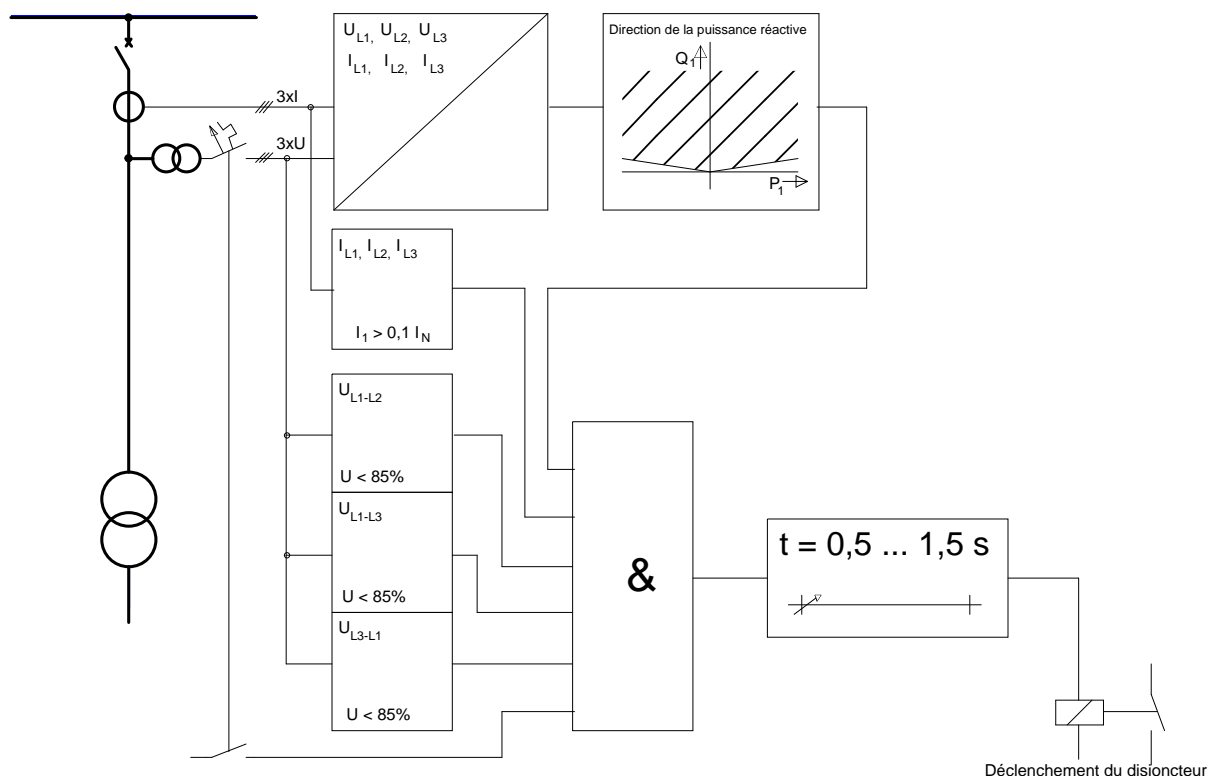


Figure 6: Exemple de protection Q-U



Les valeurs suivantes sont recommandées pour le réglage de la protection Q-U:

Tableau 6: Recommandations de réglage de la protection Q-U

Fonction	Plage de réglage	Valeurs de réglage recommandées	
Protection Q-U	0,7...1,0 $U_n$	0,85 $U_c$	t = 0,5 - 1,5 s

Remarque: prendre garde aux rechutes (hystérésis).

Afin que la protection Q-U fonctionne, l'installation doit produire au moins 10% du courant nominal (transformateur de courant de l'appareil de protection).

#### 5.4.3.4 Remise en circuit de l'installation de production après une perturbation

L'exploitant d'IPE est responsable de la mise en circuit ou de l'arrêt de l'installation, ainsi que du processus de synchronisation.

L'exploitant d'IPE doit veiller lui-même à ce que les manœuvres de couplage ou les variations de tension sur le réseau du GRD ne provoquent pas de dommages sur son installation et, le cas échéant, à ce que son IPE ne détériore pas à son tour les installations de tiers.

Après la mise hors circuit d'une défaillance sur le réseau de distribution ou lors d'un ou plusieurs réenclenchements automatiques ou manuels consécutifs, l'exploitant d'IPE doit s'assurer lui-même que son installation a été préalablement déconnectée automatiquement du réseau de distribution. La reconnexion de l'IPE au réseau de distribution nécessite impérativement un dispositif de synchronisation. Elle doit être convenue en avance avec le GRD.

Une synchronisation de l'IPE avec le réseau doit être possible entre 49,0 et 51,0 Hz, avec une tension située entre 90...110%  $U_c$ .

#### 5.4.3.5 Comportement de fréquence

Pour les fréquences situées entre 47,5 et 51,5 Hz, une déconnexion automatique du réseau en raison d'un écart de fréquence n'est pas autorisée.

Si la fréquence est inférieure à 47,5 Hz ou supérieure à 51,5 Hz, une déconnexion automatique du réseau doit avoir lieu en l'espace d'une seconde. Le GRD peut définir une valeur-limite inférieure différente si l'unité de production se trouve sur une zone de délestage. Les restrictions liées au système dans la bande de fréquence doivent être documentées ou consignées.

Les recommandations relatives aux fonctions de protection et à leurs valeurs de réglage sont exposées au chapitre 5.4.3.2.

#### Comportement de fréquence en cas de surfréquence

Si la fréquence du réseau est égale ou supérieure à 50,2 Hz, les IPE doivent réduire leur puissance conformément à Figure 7.



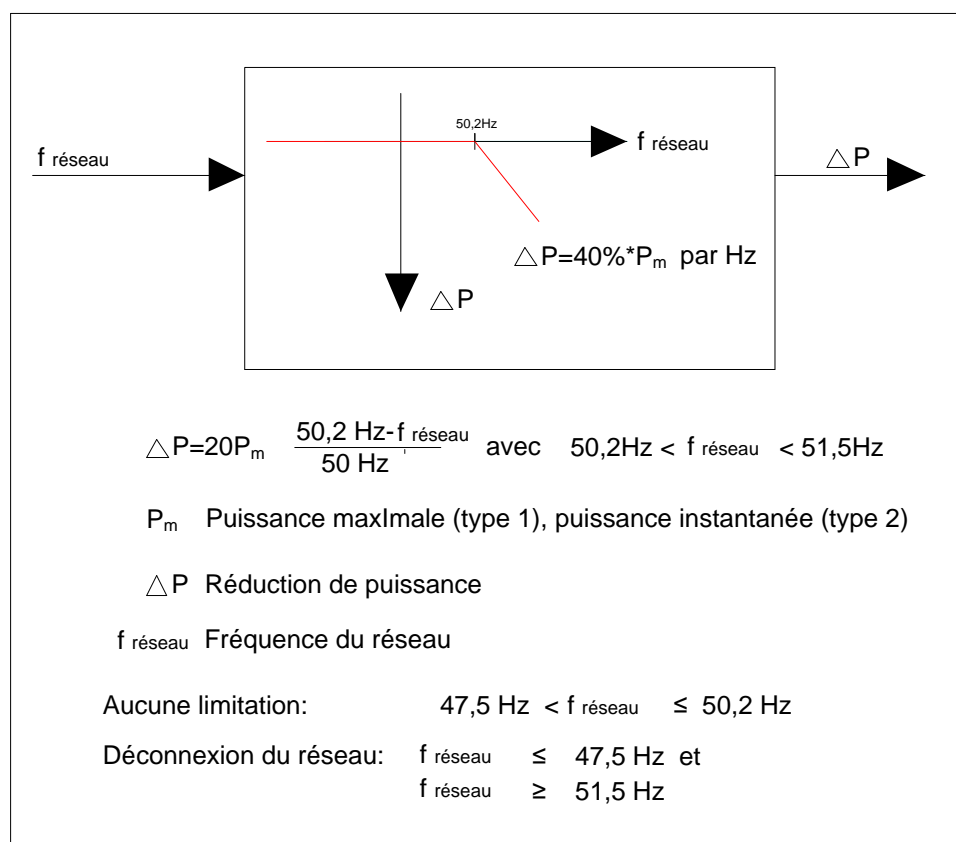


Figure 7: Réduction de puissance en cas de surfréquence sur un réseau haute tension (TC-CH 2013)

Dans la bande de fréquence située entre 50,2 Hz et 51,5 Hz, la réduction de la **puissance active maximale**  $P_m$  des installations de production de type 1 doit correspondre à un gradient de  $40\% * P_m$  par hertz. En cas de puissance inférieure à la puissance active nominale, l'installation de production peut continuer à être exploitée jusqu'à la limite de la valeur actuelle. Lorsque celle-ci est atteinte, la puissance doit être réduite conformément à l'image ci-dessus.

Dans la bande de fréquence située entre 50,2 et 51,5 Hz, les installations de production de type 2 doivent réduire la **puissance active instantanée produite**  $P_m$  (par rapport à la valeur au moment du dépassement de la fréquence de réseau de 50,2 Hz) d'un gradient de  $40\% * P_m$  par hertz.

### Comportement de fréquence en cas de sous-fréquence

En cas de réduction de la fréquence conditionnée par l'exploitation du réseau, une réduction de la puissance de l'installation de production est autorisée si cela est nécessaire pour des raisons inhérentes au processus de l'installation.



Dans les cas suivants, soit le GRD est autorisé à exiger ou à effectuer une limitation temporaire de la fourniture de puissance active ou une mise hors circuit de l'installation, soit les installations de production doivent procéder automatiquement au réglage:

- danger potentiel pour l'exploitation sécurisée du système
- congestions ou risque de surcharge sur le réseau du GRD
- risque d'apparition d'un réseau en îlot
- menace de stabilité statique ou dynamique du réseau
- augmentation de la fréquence menaçant le système
- resynchronisation de sous-réseaux
- dans le cadre de la gestion de la sécurité du réseau

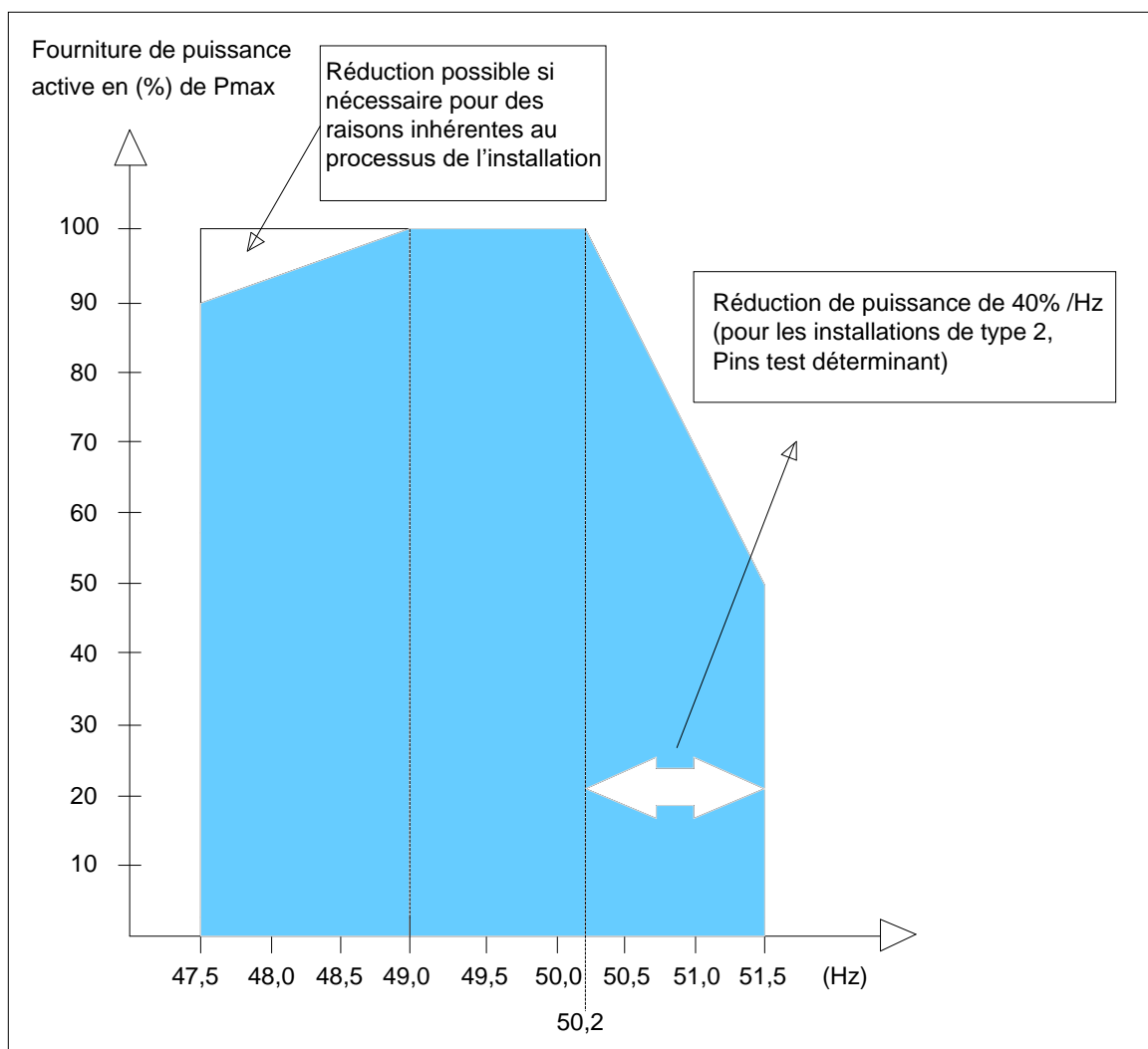


Figure 8: Aperçu des réductions de puissance dépendant de la fréquence



### Bandes de fréquence

En cas de variations de fréquence, l'installation doit pouvoir être exploitée conformément à Figure 9. Celle-ci indique la durée minimale pendant laquelle l'installation doit être raccordée au réseau pour chaque fréquence.

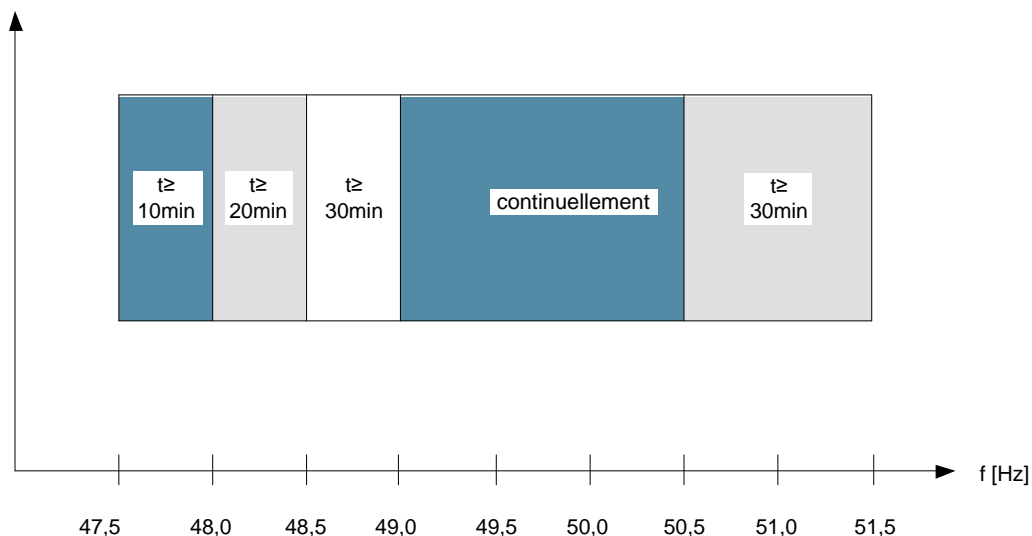


Figure 9: Bandes de fréquence sur un réseau haute tension (Base TC-CH 2013)

#### 5.4.3.6 Renforcement de la tension par injection de courant réactif en cas de défaillance sur le réseau

Pour renforcer le réseau de manière dynamique, les IPE doivent injecter du courant réactif afin de renforcer la tension. Les installations de type 1 (machines synchrones) présentent déjà les caractéristiques physiques de ce comportement: aucun réglage spécifique n'est donc nécessaire. Les installations de type 2 (asynchrones et autres) doivent renforcer la tension au moyen de courant réactif, conformément à la description ci-dessous.

Au cours des creux de tension, les installations de production doivent renforcer la tension du réseau en injectant du courant réactif supplémentaire. De plus, en cas de creux de tension supérieur à 10% de la valeur effective de la tension de l'alternateur, un réglage de la tension doit être activé conformément à Figure 10. Ce réglage doit garantir la mise à disposition d'un courant réactif du côté secondaire du transformateur de la machine, avec une contribution d'au moins 2% de la valeur nominale par pourcentage du creux de tension. L'installation doit être en mesure d'injecter le courant réactif nécessaire en l'espace de 20 millisecondes. Si nécessaire, il doit être possible de fournir du courant réactif à hauteur de 100% minimum du courant nominal. Après le retour de la tension dans la zone de la bande morte, le réglage doit être maintenu plus de 500 millisecondes conformément aux caractéristiques mentionnées.

Le facteur K, qui doit être paramétré à cet effet, est indiqué par le GRD.



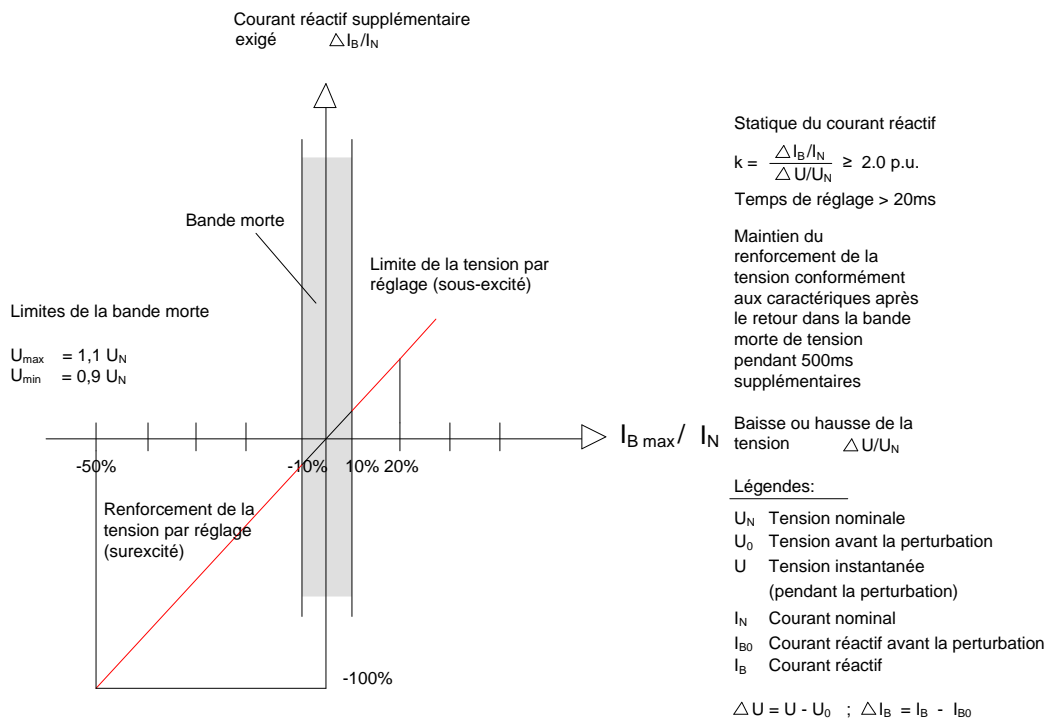


Figure 10: Principe du renforcement de la tension en cas de défaillance du réseau [VDN TC 2007]

### 5.5 Contact avec le gestionnaire de réseau de distribution

L'exploitant d'IPE doit être joignable par le GRD, afin de pouvoir être informé ou mis à contribution en cas de perturbation.

Il est alors primordial que le rétablissement du réseau se déroule manière coordonnée. L'exploitant d'IPE doit par conséquent obtenir l'autorisation du GRD pour une reprise de la production. Une adresse e-mail doit être fournie pour l'envoi des programmes de manœuvres à titre d'information.

### 5.6 Point de mesure

Les dispositifs de mesure doivent être équipés conformément aux exigences légales et à celles du GRD. Le Metering Code Suisse (recommandation de la branche applicable), ainsi que les documents d'application de l'AES ou de l'OFEN et de swissgrid doivent également être respectés.



## 5.7 Demande de raccordement et évaluation

### 5.7.1 Demande de raccordement

Le GRD doit être impliqué dès la phase de planification. Il convient à ce stade de respecter les procédures d'annonce de ce dernier.

Une demande de raccordement doit être déposée auprès du GRD avant le raccordement d'une IPE au réseau de distribution. Le formulaire officiel de l'AES (Données techniques pour l'évaluation des perturbations dans les réseaux) peut être utilisé à cet effet. Différents GRD possèdent toutefois leur propre modèle: en cas de doute, il convient par conséquent de consulter le GRD.

Lors de la demande de raccordement, les informations suivantes doivent notamment être fournies au GRD:

- puissance injectée
- type de production d'énergie (p. ex. onduleur, alternateur asynchrone, alternateur synchrone)
- commande de la puissance (p. ex. onduleur)
- constructeur et type de l'IPE, ainsi que les données techniques
- nouvelle construction ou agrandissement d'une installation existante
- schéma électrique
- caractéristiques de courant au démarrage pour les machines rotatives sans onduleur

### 5.7.2 Evaluation technique

Sur la base des informations fournies lors de la demande de raccordement et des données réseau disponibles au point de raccordement, le GRD détermine à l'aide des «Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ» si le raccordement de l'installation peut être approuvé en l'état ou si certaines mesures sont à adopter. La décision est notifiée par écrit au demandeur.

Le GRD communique sur demande la puissance de court-circuit du réseau ( $S_{KV}$  d'après les règles DACHCZ) au point de raccordement. Cette valeur sert de base pour le calcul des perturbations électriques conformément aux règles DACHCZ.

### 5.7.3 Autorisation de raccordement

Sans autorisation de raccordement, l'installation ne peut être raccordée au réseau. Pour le raccordement de l'IPE au réseau de distribution, un contrat spécifique conclu entre le GRD et le bénéficiaire du raccordement est nécessaire.

## 5.8 Perturbations électriques / qualité de la tension

Le raccordement des IPE au réseau haute tension doit être effectué conformément aux «Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ» (document complémentaire). Le respect des valeurs-limites relève de la responsabilité de l'exploitant d'IPE. Le GRD a la possibilité d'intégrer un dispositif de mesure de la qualité de la tension au point de raccordement.

En principe, seuls les raccordements triphasés sont autorisés sur le réseau de distribution haute tension.





## 5.9 Documentation et échange de données

Les exploitants et les propriétaires d'installations de production sont tenus de documenter leurs installations conformément aux prescriptions légales et à l'état de la technique. L'exploitant d'une IPE fournit sur demande au GRD les données techniques nécessaires (p. ex. données techniques des installations primaires, puissance des machines et des turbines, réglages de la commande et de la protection).

## 5.10 Contrôles et réception

L'exploitant d'IPE doit justifier auprès du GRD et de l'ESTI du bon fonctionnement du dispositif de protection demandé à l'occasion d'un contrôle de réception. Le GRD doit autoriser la première mise en service. Il doit être sollicité au minimum quatre semaines avant la réception.

L'IPE ne peut être mise en service que lorsque

- a) le contrôle de réception et le procès-verbal de réception ont été remis au GRD,
- b) les éventuels renforcements de réseau nécessaires ont été effectués.

Une mise en service temporaire destinée au contrôle de l'IPE peut avoir lieu préalablement en concertation avec le GRD.

L'exploitant d'IPE est responsable du respect des exigences nécessaires prévues. Il assure de manière autonome les réceptions et les contrôles indispensables. Il est garant de l'organisation et de l'exécution des opérations de maintenance obligatoires (y compris les contrôles périodiques).

Le GRD peut exiger des tests, des contrôles de protection ainsi que des mesures supplémentaires (p. ex. pour vérifier la qualité de la tension) ou les effectuer lui-même, dans le cadre des exigences du présent document.

Sur demande, l'exploitant d'IPE donne au GRD des informations sur les contrôles et les tests effectués.

## 6. Exigences relatives au raccordement au réseau moyenne tension NR 5

### 6.1 Généralités

Le présent chapitre définit les exigences envers les IPE disposant d'un point de raccordement au réseau moyenne tension.

L'espace nécessaire aux dispositifs du GRD destinés au raccordement de l'IPE (p. ex. technique secondaire) est mis à disposition gratuitement par le bénéficiaire du raccordement. L'accès au point de raccordement (élément de séparation) doit être garanti à tout moment au GRD.

Les installations de production doivent être déclarées par le biais d'une demande de raccordement déposée auprès du GRD afin de procéder à une évaluation. Cette demande doit être accompagnée des documents correspondants. Les détails relatifs aux points de raccordement techniquement envisageables sont communiqués par écrit à l'exploitant de l'IPE.



La puissance maximale pouvant être injectée dans le réseau moyenne tension à un point donné dépend des conditions existantes sur le réseau, ainsi que du type et du mode d'exploitation de l'installation de production. Il n'est pas possible d'indiquer une puissance générale. Celle-ci ne peut être définie au cas par cas que par le biais de calculs réseau.

En termes de puissance, on est en principe en présence d'IPE de type A et B pour l'injection dans un réseau moyenne tension. Pour ce qui est des caractéristiques physiques, des alternateurs synchrones ou asynchrones, ainsi que des onduleurs peuvent être utilisés.

La classification d'une IPE s'effectue en fonction de la puissance d'injection au point de raccordement, qui, pour les deux types de machines, peut comporter une ou plusieurs unités de production. En cas d'installation de production mixte (type 1 et 2), le GRD décide en concertation avec l'exploitant d'IPE de la manière dont les installations doivent être gérées.

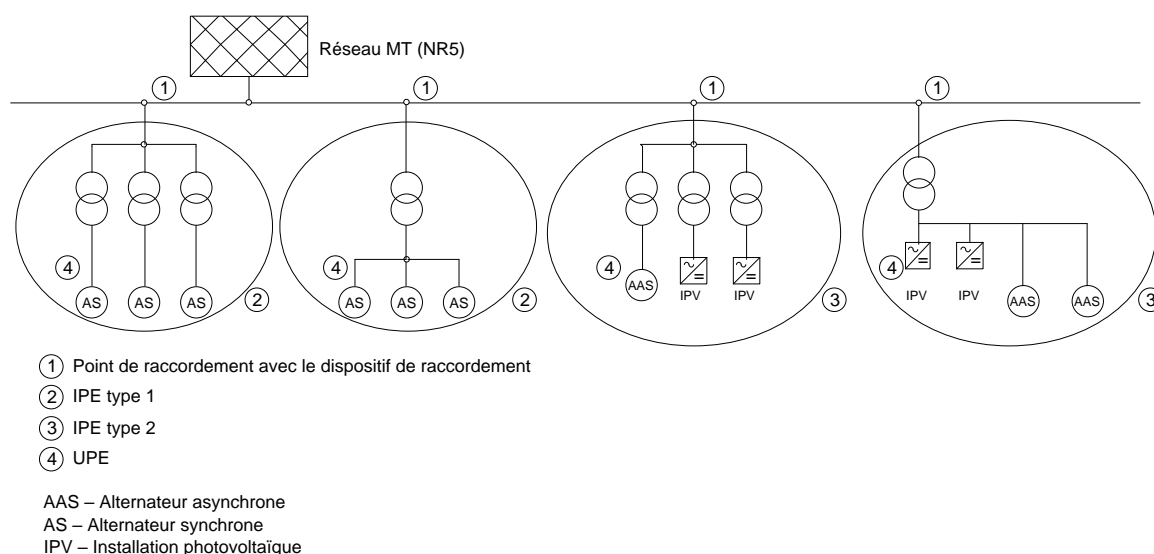


Figure 11: Variantes de raccordement avec différents types de machines sur un réseau moyenne tension

## 6.2 Technique primaire du point de raccordement

Le raccordement de l'installation de production s'effectue via un dispositif destiné à cet effet. Les particularités de ce dispositif sont définies au cas par cas par le GRD et l'exploitant de l'IPE. Ce dernier doit établir à cet effet un schéma unipolaire. L'ensemble du dispositif de raccordement installé doit répondre aux normes en vigueur et à l'état actuel de la technique.

Le raccordement de l'IPE doit être effectué conformément aux directives du GRD.



Une zone de raccordement peut comporter les composants primaires cités ci-après et doit être coordonnée en concertation avec le GRD. La mise en place et le dimensionnement, notamment l'utilisation conjointe des transformateurs de courant et de tension, doivent être définis par les parties au contrat.

- Section du jeu de barres et sectionneur de charge ou disjoncteur avec fusibles
- Sectionneur de terre ou points fixes de mise à la terre
- 3 transformateurs de tension avec au moins un enroulement destiné aux dispositifs de protection, de commande, de mesure et de décompte. Dans les réseaux isolés ou mis à la terre à travers de bobine de Petersen, un second enroulement est nécessaire pour la protection contre la ferrorésonance.
- 2 à 4 noyaux de transformateurs de courant par phase pour les dispositifs de protection, de commande, de mesure et de décompte
- Evaluer si un transformateur de courant homopolaire, transformateur tore, est nécessaire pour la protection dans les réseaux isolés ou mis à la terre à travers une bobine de Petersen.
- Traitement de la mise à terre des gaines de câbles pour les installations câblées
- Parafoudre

Dans le cas où l'installation de production doit participer au renforcement dynamique du réseau via l'injection d'un courant réactif ( $IPE > 1MVA$ ), les dispositifs de protection et les transformateurs correspondants doivent être prévus par le bénéficiaire du raccordement. Les transformateurs de courant et de tension nécessaires pour la protection de distance doivent être présents au point de raccordement. Le dispositif de protection de distance doit alors agir sur le disjoncteur du point de raccordement ou sur celui de l'alternateur en cas de combinaison commutateur de charge-fusible.

Les composants primaires doivent notamment être décrits à l'aide des valeurs de référence suivantes:

- Tension nominale
- Fréquence nominale
- Régime de neutre du réseau
- Tension d'exploitation ( $U_c$ ) avec tolérance de tension
- Courant de service maximal
- Courants de mise à la terre et de court-circuit maximums
- Tension maximale pour les équipements ( $U_m$ )

Le GRD définit les valeurs de référence nécessaires pour le dimensionnement du dispositif de raccordement et l'IPE/UPE.

Le réseau de mise à la terre doit être dimensionné et construit à l'aide des courants de court-circuit et de mise à la terre indiqués.



## 6.3 Technique secondaire

### 6.3.1 Commande, réglage et mesure

L'exploitant d'IPE est responsable de la commande et de la synchronisation de son installation.

Il convient de garder à l'esprit que le GRD ne contrôle pas la synchronisation des ordres d'enclenchement provenant de la commande de l'unité ou de l'installation de production. Le GRD peut mettre à la disposition de l'exploitant d'IPE soit la tension du transformateur de tension des barres collectrices, soit celle de l'image de tension des barres collectrices de la sous-station (générée par les transformateurs de tension des départs).

Si le point de raccordement se situe dans une sous-station du GRD, la primauté de commande des éléments de couplage de la travée de fourniture dans la sous-station du GRD doit être définie entre le GRD et l'exploitant d'IPE.

L'IPE doit posséder ou mettre à disposition les interfaces décrites ci-dessous pour la commande, le réglage et la mesure. Ces interfaces peuvent être réalisées via un bus de raccordement ou via des entrées/sorties analogiques ou digitales.

#### **Entrée analogique destinée au réglage de la puissance réactive**

La commande de l'IPE doit posséder au minimum une entrée analogique permettant au GRD de commander la puissance réactive (p. ex.  $\cos\phi$ ) au point de raccordement. Pour chaque projet, il convient de définir dans le cadre d'un contrat, à quel moment et dans quel plage cette dernière doit être réglée, ainsi que la façon dont l'interface sera réalisée techniquement.

#### **Réglage de la puissance active en fonction de la valeur de consigne**

La commande de l'IPE doit disposer au minimum des entrées binaires suivantes, permettant au GRD d'arrêter l'installation de production ou de réduire la puissance d'injection en cas d'urgence (p. ex. pour éviter un effondrement du réseau):

- Une entrée binaire pour 60% de la puissance nominale
- Une entrée binaire pour 30% de la puissance nominale
- Une entrée binaire pour 0% de la puissance nominale

Les installations de production doivent par ailleurs être en mesure de réduire leur puissance active par paliers de 10% minimum de la puissance active maximale. Une réduction de la puissance active à la valeur théorique indiquée par le GRD doit être possible pour chaque état d'exploitation et pour chaque point de fonctionnement.

#### **Autorisation externe pour la connexion au réseau**

Le GRD peut exiger une entrée binaire lui permettant d'autoriser la connexion au réseau (couplage au réseau) de l'alternateur.



### **Contact libre de potentiel pour les feed-back au GRD**

L'exploitant d'IPE met à la disposition du GRD les signalisations en retour suivantes, y compris les signalisations de défaut, comme signaux binaires conventionnels (contacts libres de potentiel):

- positions de tous les appareils de couplage de la travée de raccordement
- signalisation groupée du déclenchement par protection

### **Valeurs de mesure**

Les valeurs de mesure exigées, par ex. l'électricité, la tension, la puissance active et réactive, etc. doivent être remises au GRD par le biais d'une interface adéquate

### **6.3.2 Protection**

La protection revêt une importance considérable pour une exploitation sûre et fiable. Il en va de la responsabilité de l'exploitant d'IPE de s'assurer que sa propre protection est garantie. Le cas échéant, les fonctions de protection décrites dans le présent document doivent être complétées par le bénéficiaire du raccordement de l'installation de production. Sa propre protection ne peut toutefois être inférieure aux exigences décrites dans cette recommandation.

Les dispositifs de protection doivent identifier et mettre hors circuit les défauts (p. ex. courts-circuits et défauts à la terre) du côté de l'IPE. Ceux survenant sur le réseau proche (p. ex. sur le même niveau de tension) doivent également pouvoir être détectés, afin que l'IPE se déconnecte du réseau au terme d'un délai prédéfini. L'exploitant d'IPE doit installer à cet effet suffisamment de dispositifs de protection. Ces mesures de protection doivent également être garanties dans le cadre de l'exploitation en îlotage (pour les installations concernées).

Le concept et les réglages de protection de l'interface entre le GRD et l'exploitant d'IPE doivent être définis par les deux partenaires pour chaque projet lors de la phase de planification. Au point de raccordement, des dispositifs adéquats doivent être prévus pour la protection du réseau et pour celle de l'installation de l'exploitant d'IPE. Les valeurs de réglage de la protection ayant un impact sur le réseau sont indiquées par le GRD. Les réglages de protection concernant le réseau de distribution et la protection propre des IPE/UPE sont convenus entre le GRD et l'exploitant d'IPE. Si nécessaire, le GRD peut exiger a posteriori d'autres réglages de protection en concertation avec l'exploitant d'IPE.

Si le disjoncteur de la sous-station est également celui de l'alternateur, une protection contre les défaillances de disjoncteur (PDD) doit être mise en place. Les partenaires doivent décider quels signaux activent cette protection et sur quels éléments sont envoyés les ordres de déclenchement.

Les fonctions liées au courant et à la tension doivent généralement être triphasées.

Un aperçu des fonctions de protection nécessaires est présenté ci-après. Le dispositif de raccordement au NR 5 peut également être mis en place sans disjoncteur côté primaire en concertation avec le GRD. La mise hors circuit est donc effectuée via un disjoncteur côté basse tension ou directement au sein de l'UPE.



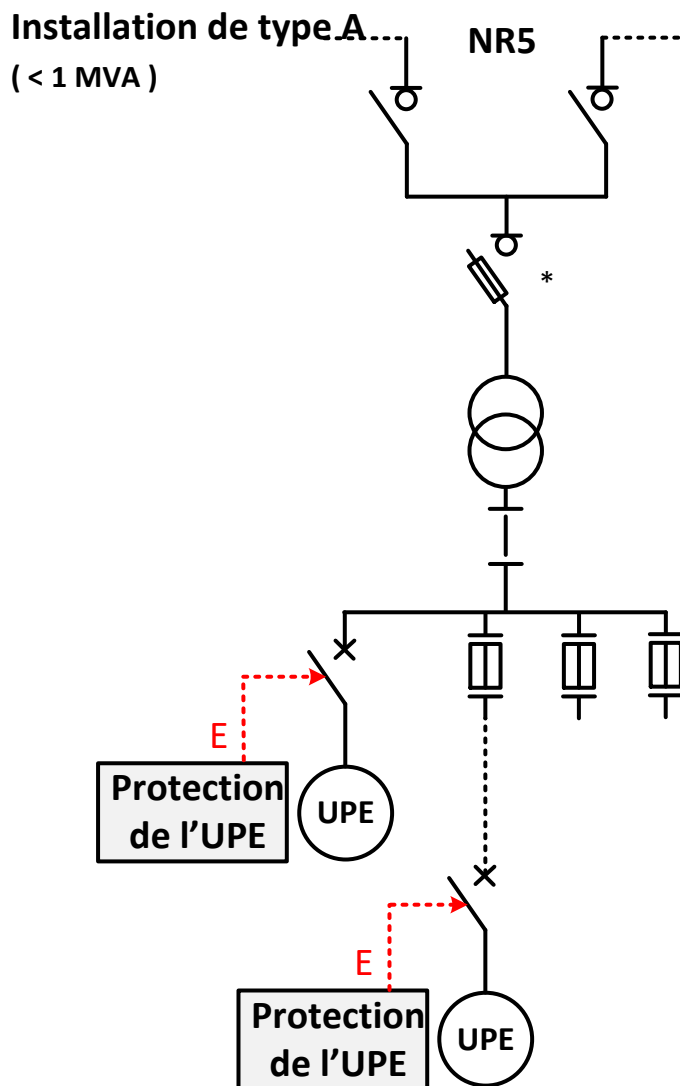


Figure 12: Exemple de raccordement d'IPE de type A au NR 5

Tableau 7: Protection au point de raccordement au NR 5 (type A)

Protection du transformateur	IPE de type A	Description
<i>Fonction de protection</i>		
Fusible ou $I>$ , $I>>$ (50/51)	T	Protection court-circuit du transformateur
$I_{o>}$ (51N)	T *	Protection de mise à la terre du transformateur
$U_{o>}$ (59N)	T * / E *	Protection de mise à la terre du réseau



Tableau 8: Fonctions de protection de l'UPE (habituellement dans l'onduleur pour les installations photovoltaïques) pour le NR 5 (type A)

Protection de l'UPE	IPE de type A	Description
<i>Fonction de protection</i>		
U< (27)	E	Protection de sous-tension
U>, U>> (59)	E	Protection de surtension
U> 10 min (si disponible)	E	Protection de surtension valeur moyenne 10 min
f<, f> (81)	E	Protection de fréquence
Réseau en îlot (p. ex. procédé shift)	E	Identification du réseau en îlot
Réduction 50,2 Hz	-	Réduction de la puissance en cas de surfréquence

Les chiffres entre parenthèses correspondent au standard IEEE C37.2 de l'Institut de normalisation américaine (ANSI).

T = déclenchement du disjoncteur du transformateur

E = déclenchement du disjoncteur de l'UPE

T / E = déclenchement du disjoncteur du transformateur ou de l'UPE

\* Relais de protection avec disjoncteur pour la protection du transformateur et du réseau si exigé par le GRD (dépendant du concept de protection et du régime du neutre)



## Installation de type B

(à partir de 1 MVA)

Déclenchement interdépendant  
(en l'absence de protection de distance)

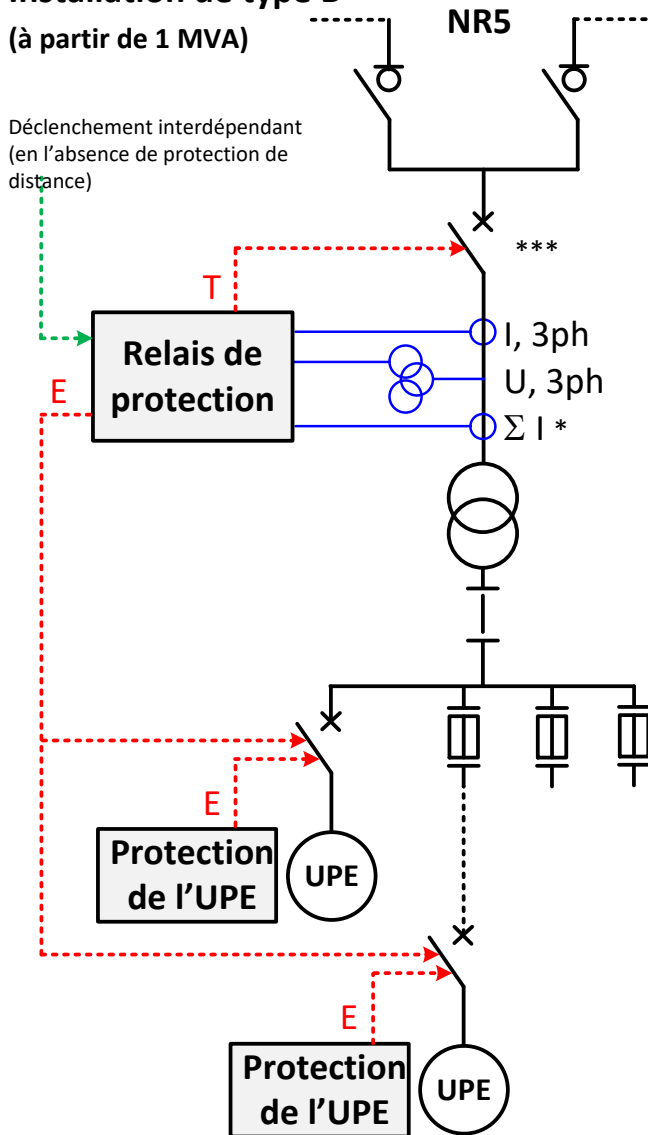


Figure 13: Exemple d'IPE de type B au NR 5

Tableau 9: Protection au point de raccordement au NR 5 (type B)

Relais de protection		Description
<i>Fonction de protection</i>		
$I >$ , $I >>$ (50/51) ou fusible	T	Protection court-circuit du transformateur
$I_0 >$ (51N)	T *	Protection de mise à la terre du transformateur
$U_0 >$ (59N)	T * / E *	Protection de mise à la terre du réseau
$Z <$ (21) ou déclenchement interdépendant (85)	T / E	Protection court-circuit du réseau et du transformateur





Tableau 10: Fonctions de protection de l'UPE (habituellement dans l'onduleur pour les installations photovoltaïques) pour le NR 5 (type B)

Protection de l'UPE		Description
<i>Fonction de protection</i>		
U<, U<< (27)	E	Protection de sous-tension
U>, U>> (59)	E	Protection de surtension
U> 10 min (si disponible)	E	Protection de surtension valeur moyenne 10 min
f<, f> (81)	E	Protection de fréquence
Réseau en îlot (p. ex. procédure shift)	E	Identification du réseau en îlot
Réduction 50,2 Hz	-	Réduction de la puissance en cas de surfréquence
Protection Q-U	E **	Protection de sous-tension et de la direction de la puissance réactive
I>/U<	E	Protection surintensité dépendant de la tension

Les chiffres entre parenthèses correspondent au standard IEEE C37.2 de l'Institut de normalisation américaine (ANSI).

T = déclenchement du disjoncteur du transformateur

E = déclenchement du disjoncteur de l'UPE

T / E = déclenchement du disjoncteur du transformateur ou de l'UPE

\* si exigé par le GRD (en fonction du concept de protection et du régime du neutre)

\*\* peut également être réalisé dans le relais de protection du transformateur (voir chapitre 6.4.3.3)

\*\*\* si le GRD l'autorise, un disjoncteur avec fusible peut également être installé.

Les valeurs proposées pour les réglages de protection sont indiquées au chapitre 6.4.3 «Comportement en cas de perturbation sur le réseau».

### 6.3.3 Energie auxiliaire

Le dispositif de raccordement doit disposer d'une alimentation auxiliaire propre. Lorsque le fonctionnement des dispositifs de protection ou le déclenchement des disjoncteurs nécessite une tension auxiliaire, une alimentation des services auxiliaires indépendante de la tension du réseau doit être présente (p. ex. batterie, condensateur, courant du transformateur). L'alimentation auxiliaire propre de l'installation de raccordement (y compris énergie auxiliaire) est du ressort du gestionnaire de l'IPE. En cas de commande à distance, celle-ci doit également être assurée via une énergie de secours indépendante du réseau. Si une alimentation de secours est nécessaire sur une longue durée, sa capacité doit être dimensionnée de manière à ce que le dispositif de raccordement puisse être exploité au moins pendant huit heures avec tous les dispositifs de protection, dispositifs secondaires et dispositifs de secours en cas de défaillance de la tension du réseau.



## 6.4 Comportement de l'IPE sur le réseau

### 6.4.1 Exploitation normale

Les mises en service des installations doivent être convenues au cas par cas avec le GRD.

L'IPE doit pouvoir être exploitée avec une puissance réduite. Le GRD est autorisé à exiger une limitation temporaire de la puissance d'injection ou à décider d'un arrêt de l'installation. L'exploitant d'IPE est tenu d'arrêter son installation à la demande du GRD et de la déconnecter du réseau.

Si des variations de tension non autorisées surviennent au cours de la synchronisation d'installations de production raccordées au réseau par des dispositifs de synchronisation et de réglage automatique de la tension, il convient d'optimiser les dispositifs de régulation de la tension et de synchronisation ainsi que de prévoir des mesures de limitation de courant.

Si le GRD souhaite fixer un objectif de tension à l'installation de production, cela doit faire l'objet d'une disposition dans le contrat de raccordement au réseau, qui définit également les équipements techniques nécessaires.

#### Réglage de la puissance réactive (soutien statique du réseau)

Les installations de production d'énergie doivent être en mesure, dans des conditions d'exploitation normales, d'émettre ou d'absorber une puissance réactive inductive ou capacitive dans la plage de facteurs de puissance suivantes:

$$\text{de } \cos\varphi = 0,9_{\text{sous-excité}} \text{ à } \cos\varphi = 0,9_{\text{surerexcité}}$$

Les valeurs en dehors de cette plage (p. ex. pour les machines synchrones) doivent être définies contractuellement.

Le GRD définit dans ce contexte les types de réglages et de commande suivants:

- a) Facteur de déphasage fixe  $\cos\varphi$
- b) Facteur de déphasage  $\cos\varphi(P)$  (dépendant de la puissance active injectée)
- c) Puissance réactive constante  $Q$
- d) Courbe caractéristique de la puissance réactive / de la tension  $Q(U)$

Si une courbe caractéristique  $\cos\varphi(P)$  est fournie par le GRD, chaque valeur théorique résultant de la courbe doit s'ajuster automatiquement en l'espace de 10 secondes.



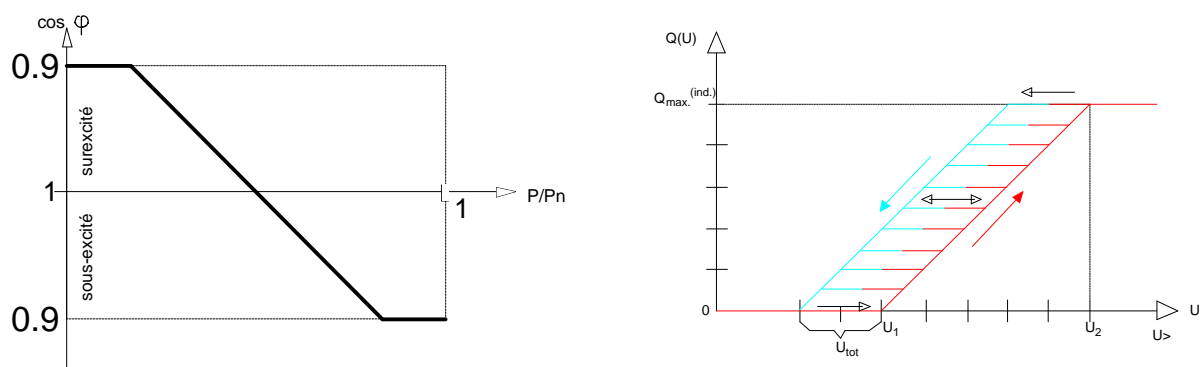


Figure 14: Exemples de courbes caractéristiques  $\cos \varphi$  et  $Q(U)$  sur un réseau moyenne tension

Pour éviter les fluctuations de tension en cas de variation de l'injection de puissance active, une courbe caractéristique avec un tracé continu et une pente délimitée doit être choisie. La procédure sélectionnée et les valeurs théoriques sont définies individuellement par le GRD pour chaque installation de production et consignées dans un accord.

#### 6.4.2 Comportement en cas de perturbation au sein de l'IPE

En cas de défaillance au sein de l'IPE (dans l'unité de production même ou dans le réseau partiel de l'IPE) présentant un risque pour le réseau, il est impératif de déconnecter immédiatement l'installation du réseau. Les courts-circuits et les défauts à la terre dans l'IPE doivent être identifiés et mis hors circuit par la protection de l'IPE (temporisation habituelle  $\leq 0,1$  seconde). Les autres défaillances doivent être traitées conformément à l'état de la technique et en fonction du type d'IPE.

#### 6.4.3 Comportement en cas de perturbation sur le réseau

##### 6.4.3.1 Généralités

Le GRD est autorisé, en cas de danger et de dérangement à déconnecter immédiatement l'IPE du réseau, et ce, notamment en situation d'urgence et sans en informer préalablement l'exploitant de l'installation.

Les réglages de protection doivent impérativement être coordonnés avec le GRD. Sur les réseaux de distribution, la protection agit généralement après maximum 1 à 2 secondes.

#### Courts-circuits et défauts à la terre dans le réseau

La procédure d'identification et de mise hors circuit des défauts à la terre dépend du régime du neutre du réseau moyenne tension et de la philosophie d'exploitation du GRD.

##### *IPE injectant du courant directement dans une sous-station*

Les courts-circuits dans l'installation de la sous-station doivent être rapidement identifiés et déclenchés. La détection des défauts à la terre s'effectue conformément aux directives du GRD. Le concept de protection et les interfaces doivent être préalablement discutés, puis mis en œuvre en concertation avec le GRD.

La protection de l'IPE ou de l'UPE doit également pouvoir couvrir les courts-circuits et les défauts à la terre dans le réseau.

##### *IPE injectant du courant dans une station de couplage ou une station transformatrice*



La protection de l'IPE doit posséder des fonctions de protection du réseau pour identifier les défaillances sur la ligne entre l'IPE et la sous-station et prévenir la formation de réseaux en îlot non désirés lors du déclenchement d'un disjoncteur dans la sous-station. Parfois, ces objectifs de protection peuvent être atteints à l'aide de fonctions de tension et de fréquence. Il est également possible d'effectuer un déclenchement interdépendant depuis le disjoncteur de la sous-station via une communication adaptée ou de mettre en place une protection à distance propre du côté moyenne tension de l'IPE.

### 6.4.3.2 Comportement tension-temps (courbes caractéristiques $u(t)$ )

En cas de creux de tension, les IPE doivent afficher un comportement conforme aux illustrations ci-dessous.

Sur le réseau moyenne tension, des temporisations des composants de la protection du réseau de 0,1 à 1,5 seconde sont courantes. Pendant la durée du défaut, des creux de tension plus importants sont à prévoir. En fonction de la durée du défaut et du réglage de la protection de la tension, des déclenchements non sélectifs de l'IPE pourraient se produire.

Les courbes caractéristiques  $u(t)$  doivent être respectées au point de raccordement. Les pourcentages indiqués ci-dessous pour la tension se réfèrent à la tension composée. Les tableaux correspondants mentionnent quelques recommandations concernant la fonction de protection et les valeurs de réglage. Les valeurs de protection indiquées doivent être respectées au point de raccordement. Le déclenchement ou la déconnexion du réseau a lieu de préférence au sein de l'IPE.

#### IPE de types A1 et A2 (synchrones ou asynchrones / autres jusqu'à 1 MVA)

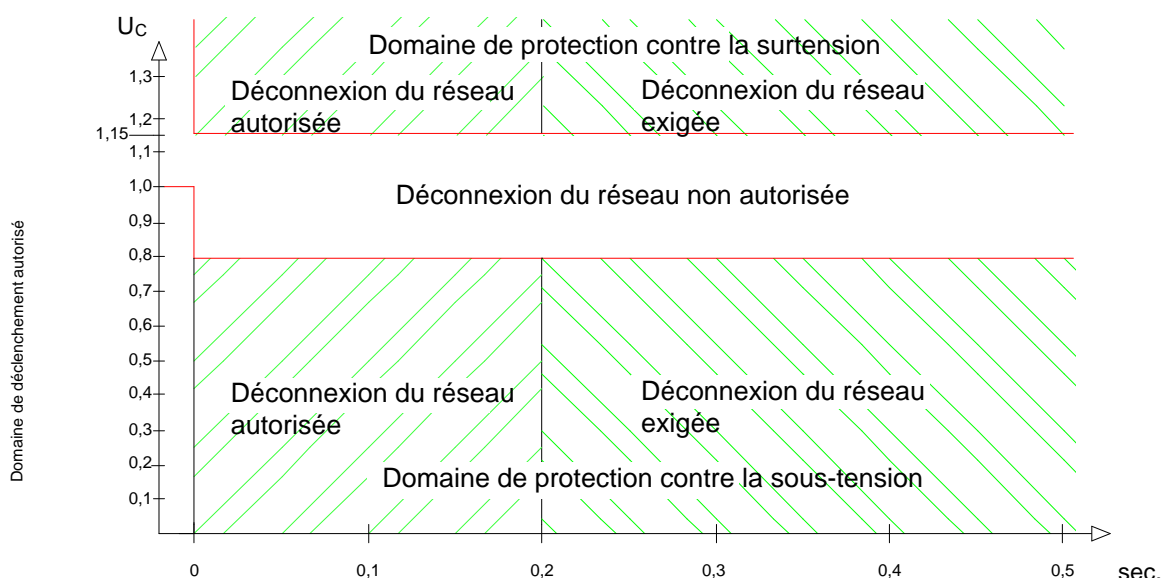


Figure 15: Courbes caractéristiques  $U(t)$  en cas de creux de tension du type A sur un réseau moyenne tension



Tableau 11: Recommandations de réglage pour le relais de protection moyenne tension, type A

Fonction	Valeurs de réglage du relais de protection recommandées	
Protection de surtension $U >$ (valeur moyenne 10 min)*	1,10 $U_c$	instantané
Protection de surtension $U >>$	1,15 $U_c$	instantané
Protection de sous-tension $U <$	0,80 $U_c$	instantané
Protection de surfréquence $f >$	51,5 Hz ( $U > 70\% U_c$ )	instantané
Protection de sous-fréquence $f <$	47,5 Hz ( $U > 70\% U_c$ )	instantané
Identification du réseau en îlot (par ex. procédure shift dans l'onduleur)		Arrêt dans les 5 secondes suivant la déconnexion du réseau

$U_c$  : tension réseau définie  
 instantané = 50...200 ms (pour éviter les fonctionnements intempestifs)  
 \* peut être installée sur l'onduleur  
 Remarque: prendre garde à la rechute (hystérésis) des relais en cas d'hyperfonction / de réenclenchement.

**IPE de type B1 (alternateurs synchrones supérieurs à 1 MVA)**

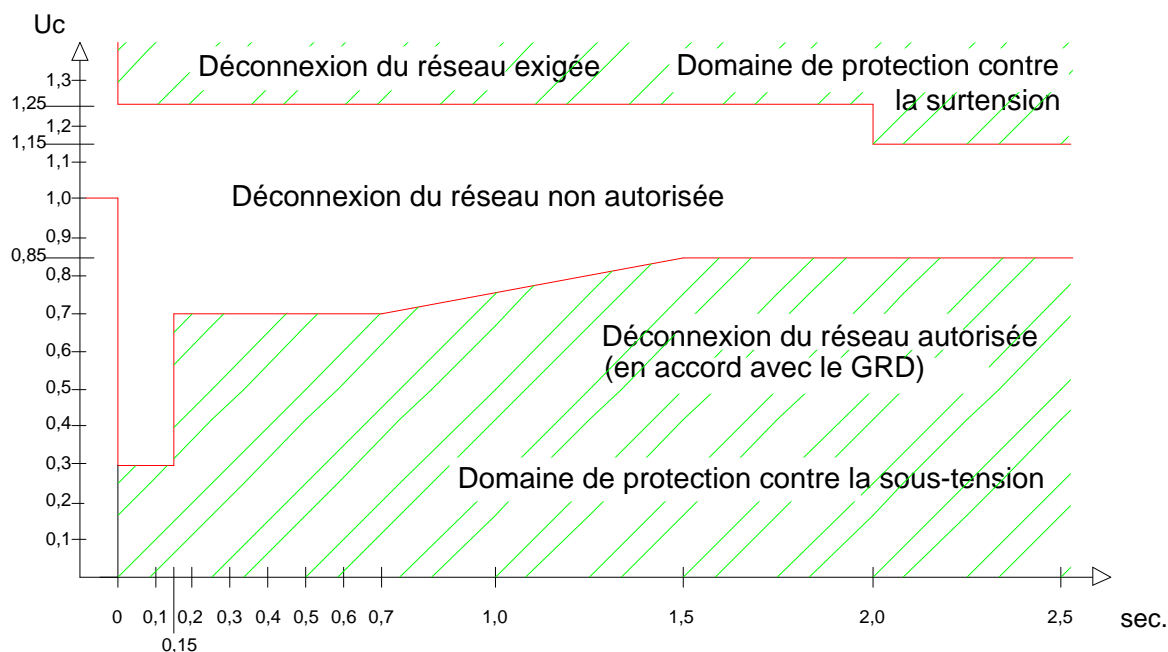


Figure 16: Courbes caractéristiques  $U(t)$  en cas de creux de tension du type B1 sur un réseau moyenne tension



Tableau 12: Recommandations de réglage pour le relais de protection de l'IPE de type B1 au point de raccordement

Fonction	Plage de réglage du relais de protection	Valeurs de réglage du relais de protection recommandées	
Protection de surtension $U>$ (valeur moyenne 10 min)*		1.10 $U_c$	instantané
Protection de surtension $U>$	1.0...1,4 $U_n$	1,15 $U_c$	2 s
Protection de surtension $U>>$	1.0...1,4 $U_n$	1,25 $U_c$	100 ms
Protection de sous-tension $U<$	0.1...1,0 $U_n$	0,85 $U_c$	1,5 s
Protection de sous-tension $U<<$	0.1...1,0 $U_n$	0,30 – 0,70 $U_c$	150 - 700 ms
Protection de surfréquence $f>$	50...53 Hz	51,5 Hz ( $U > 70\%U_c$ )	200 ms
Protection de sous-fréquence $f<$	47...50 Hz	47,5 Hz ( $U > 70\%U_c$ )	200 ms
<p><math>U_c</math> : tension réseau définie  <math>U_n</math> : tension nominale (valeur nominale)  instantané = 50...150 ms (pour éviter les fonctionnements intempestifs)  *si disponible  Remarque: prendre garde à la rechute (hystérésis) des relais en cas d'hyperfonction / de réenclenchement.</p>			



## IPE de type B2 (alternateurs asynchrones/autres supérieurs à 1 MVA)

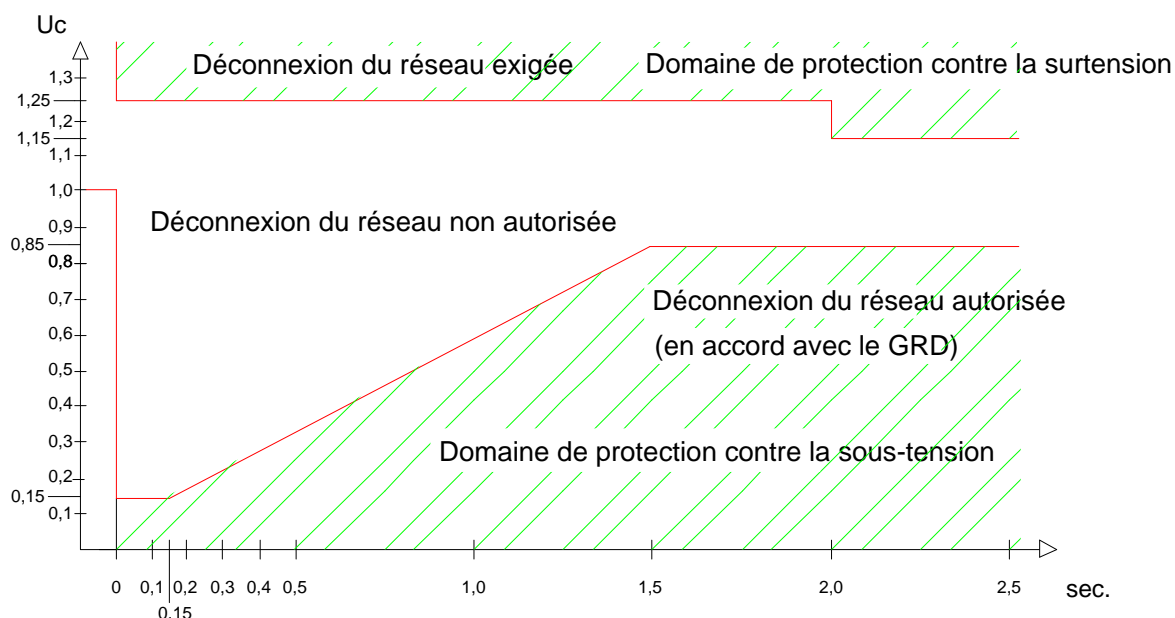


Figure 17: Courbes caractéristiques  $U(t)$  en cas de creux de tension du type B2 sur un réseau moyenne tension

Tableau 13: Recommandations de réglage pour le relais de protection de l'IPE de type B2 au point de raccordement

Fonction	Plage de réglage du relais de protection	Valeurs de réglage du relais de protection recommandées	
Protection de surtension $U>$ (valeur moyenne 10 min)*		$1,10 U_c$	instantané*
Protection de surtension $U>$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,15 U_c$	2 s
Protection de surtension $U>>$	$1,0 \dots 1,4 U_n$	$1,25 U_c$	100 ms
Protection de sous-tension $U<$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,85 U_c$	1,5 s
Protection de sous-tension $U<<$	$0,1 \dots 1,0 U_n$	$0,15 U_c$	150 ms
Protection de surfréquence $f>$	50...53 Hz	51,5 Hz ( $U > 70\%U_c$ )	200 ms
Protection de sous-fréquence $f<$	47...50 Hz	47,5 Hz ( $U > 70\%U_c$ )	200 ms

$U_c$  : tension réseau définie  
 $U_n$  : tension nominale (valeur nominale)  
 Instantané = 50...150 ms (pour éviter les fonctionnements intempestifs)  
 \*les onduleurs doivent être réglés ainsi conformément aux normes  
 Remarque: prendre garde à la rechute (hystérésis) des relais en cas d'hyperfonction / de réenclenchement.



### 6.4.3.3 Protection de puissance réactive et de sous-tension (protection Q-U)

La protection de puissance réactive et de sous-tension ( $Q \rightarrow$  &  $U <$ ), ci-après appelée protection Q-U, contrôle la conformité du comportement de l'installation de production au système suite à une défaillance sur le réseau. Les installations de production empêchant de restaurer la tension du réseau via le prélèvement de puissance réactive inductive sur le réseau sont déconnectées de ce dernier.

La protection Q-U déconnecte ainsi l'installation de production du réseau entre 0,5 s... 1,5 seconde (déconnexion avant le temps final de protection du réseau), lorsque les trois tensions composées au point de raccordement sont inférieures à  $0,85 U_c$  (opération ET logique) et que l'installation de production prélève simultanément de la puissance réactive inductive ( $>5\%$  de la puissance nominale convenue) sur le réseau du GRD. En même-temps, il faut qu'un flux de charge correspondant soit disponible pour empêcher une hyperfonction de la reconnaissance de la puissance réactive. Le courant injecté devrait s'élever au moins à  $10\%$  du courant nominal. Si toutes ces conditions sont remplies, la protection Q-U est activée (temps de déclenchement 0,5 s – 1,5 s, plus petit que le temps final de protection du réseau).

Pour les alternateurs asynchrones et les générateurs avec inducteur à aimant permanent, la protection Q-U au point de raccordement est absolument nécessaire.

Pour les alternateurs asynchrones et les générateurs activés en permanence, la protection Q-U au point de raccordement est absolument nécessaire.

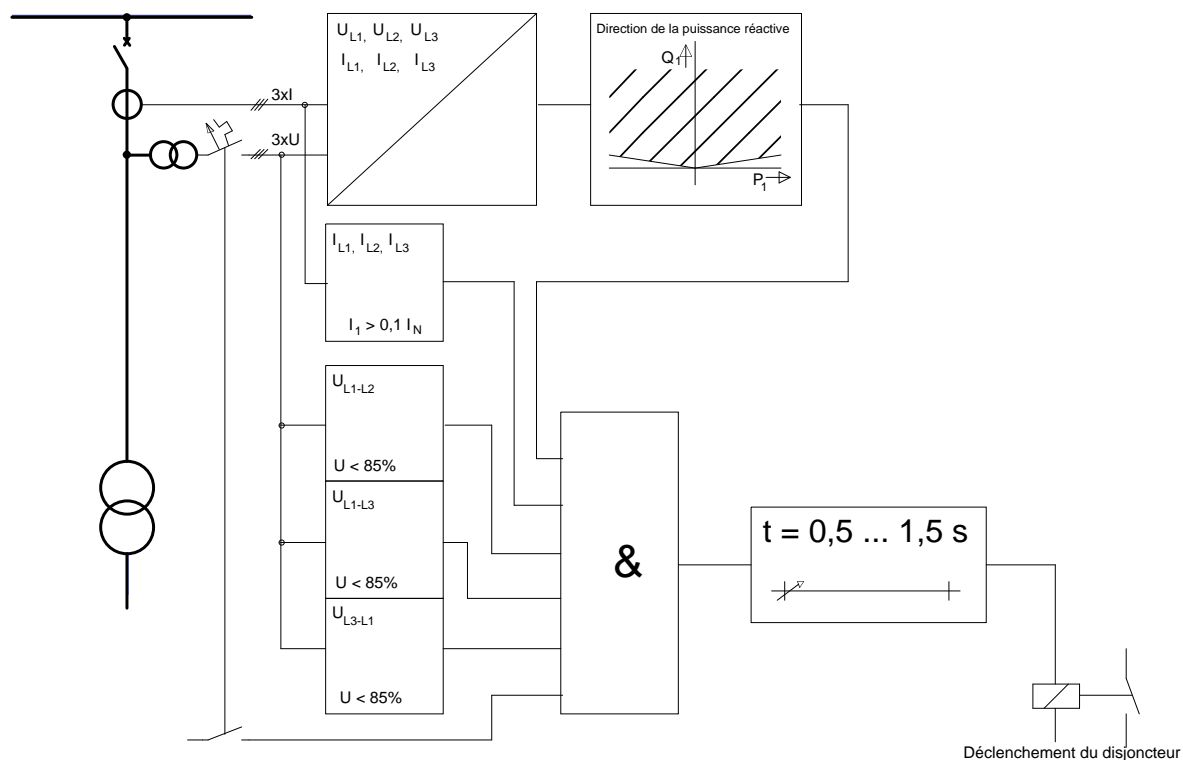


Figure 18: Exemple de protection Q-U





Les valeurs suivantes sont recommandées pour le réglage de la protection Q-U:

Tableau 14: Recommandations de réglage de la protection Q-U

Fonction	Plage de réglage	Valeurs de réglage recommandées	
Protection Q-U	0,7...1,0 $U_n$	0,85 $U_c$	t = 0,5 - 1,5 s

Remarque: tenir compte des rechutes (hystérésis)

Afin que la protection Q-U fonctionne, l'installation doit produire au moins 10% du courant nominal (transformateur de courant de l'appareil de protection).

#### 6.4.3.4 Remise en circuit de l'installation de production après une perturbation

L'exploitant d'IPE est responsable de la mise en circuit ou de l'arrêt de l'installation, ainsi que du processus de synchronisation.

L'exploitant d'IPE doit veiller lui-même à ce que les manœuvres de couplage ou les variations de tension sur le réseau du GRD ne provoquent pas de dommages sur son installation et, le cas échéant, à ce que son IPE ne détériore pas à son tour les installations de tiers.

Après la mise hors circuit d'une défaillance sur le réseau de distribution ou lors d'un ou plusieurs réenclenchements automatiques ou manuels consécutifs, l'exploitant d'IPE doit s'assurer lui-même que son installation a été préalablement déconnectée automatiquement du réseau de distribution. La reconnexion de l'IPE au réseau de distribution nécessite impérativement un dispositif de synchronisation. Elle doit être définie dans le cadre d'une convention d'exploitation.

Une synchronisation de l'IPE avec le réseau doit être possible entre 49,0 et 51,0 Hz, avec une tension située entre 90...110%  $U_n$ .

Pour les convertisseurs (p. ex. les installations photovoltaïques), l'unité de production est reconnectée automatiquement lorsque la tension au point de raccordement équivaut à 90%...110% de la tension nominale (valeur la plus basse des tensions composées) et lorsque la fréquence se situe entre 47,5 et 50,05 Hz.

Le temps de transmission pour la reconnexion est généralement de 2 à 30 minutes et doit être défini avec le GRD. Pour des déclenchements de protection différents, les temps de transmission peuvent varier.

#### 6.4.3.5 Comportement de fréquence

Pour les fréquences situées entre 47,5 et 51,5 Hz, une déconnexion automatique du réseau en raison d'un écart de fréquence n'est pas autorisée.

Si la fréquence est inférieure à 47,5 Hz ou supérieure à 51,5 Hz, une déconnexion automatique du réseau doit avoir lieu en l'espace d'une minute. Le GRD peut définir une valeur-limite inférieure différente si l'unité de production se trouve sur une zone de délestage. Les restrictions liées au système dans la bande de fréquence doivent être documentées ou consignées.

Les recommandations relatives aux fonctions de protection et à leurs valeurs de réglage sont exposées au chapitre 6.4.3.2.



### Comportement de fréquence en cas de surfréquence

Si la fréquence du réseau est égale ou supérieure à 50,2 Hz, les IPE doivent réduire leur puissance conformément à Figure 19.

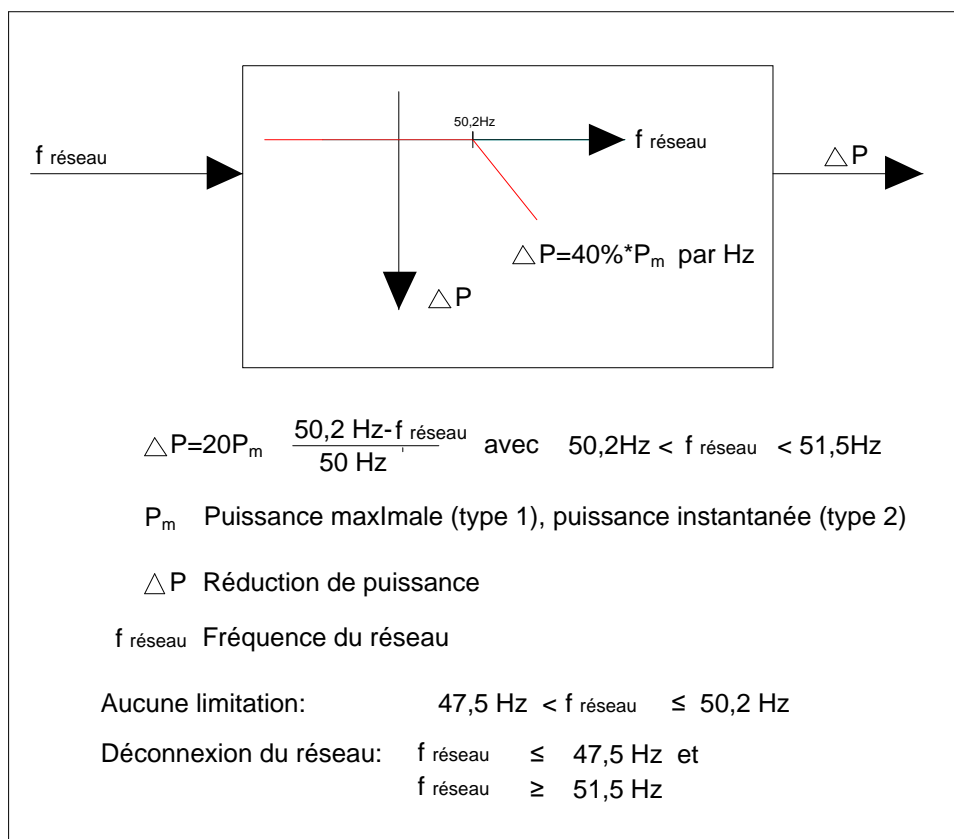


Figure 19: Réduction de puissance en cas de surfréquence sur un réseau moyenne tension (TC-CH 2013)

Dans la bande de fréquence située entre 50,2 et 51,5 Hz, la réduction de la **puissance active maximale**  $P_m$  des installations de production de type 1 doit correspondre à un gradient de  $40\% * P_m$  par hertz. En cas de puissance inférieure à la puissance active nominale, l'installation de production peut continuer à être exploitée jusqu'à la limite de la valeur actuelle. Lorsque celle-ci est atteinte, la puissance doit être réduite conformément à l'image ci-dessus.

Dans la bande de fréquence située entre 50,2 et 51,5 Hz, les installations de production de type 2 doivent réduire la **puissance active instantanée produite**  $P_m$  (par rapport à la valeur au moment du dépassement de la fréquence de réseau de 50,2 Hz) d'un gradient de  $40\% * P_m$  par hertz.

### Comportement de fréquence en cas de sous-fréquence

En cas de réduction de la fréquence conditionnée par l'exploitation du réseau, une réduction de la puissance de l'installation de production est autorisée.



Dans les cas suivants, soit le GRD est autorisé à exiger ou à effectuer une limitation temporaire de la fourniture de puissance active ou une mise hors circuit de l'installation, soit les installations de production doivent procéder automatiquement au réglage:

- danger potentiel pour l'exploitation sécurisée du système
- congestions ou risque de surcharge sur le réseau du GRD
- danger d'apparition d'un réseau en îlot
- menace de stabilité statique ou dynamique du réseau
- augmentation de la fréquence menaçant le système
- resynchronisation de sous-réseaux
- dans le cadre de la gestion de la sécurité du réseau

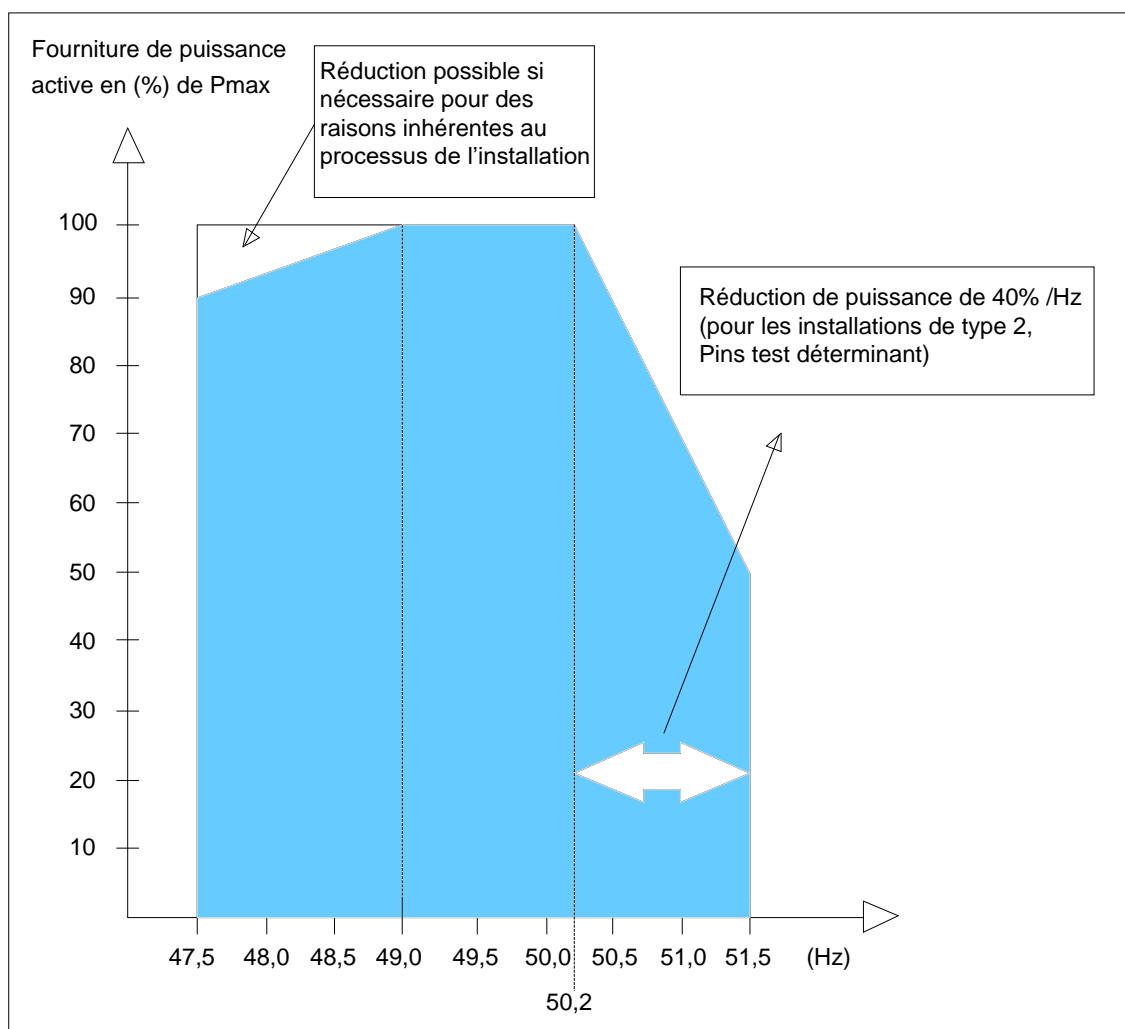


Figure 20: Aperçu des réductions de puissance dépendant de la fréquence



### Bandes de fréquence

En cas de variations de fréquence, l'installation doit pouvoir être exploitée conformément à Figure 21. Celle-ci indique la durée minimale pendant laquelle l'installation doit être raccordée au réseau pour chaque fréquence.

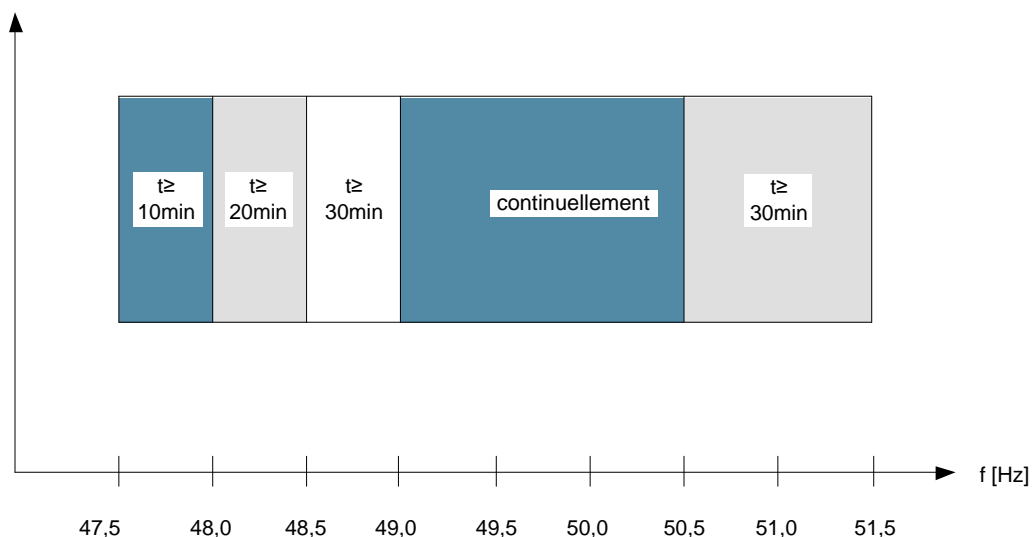


Figure 21: Bandes de fréquence sur un réseau moyenne tension (Base TC-CH 2013)

#### 6.4.3.6 Renforcement de la tension par injection de courant réactif en cas de défaillance sur le réseau

Pour renforcer le réseau de manière dynamique, les IPE supérieures à 1 MVA doivent injecter du courant réactif afin de renforcer la tension. Les installations de type 1 (machines synchrones) présentent déjà les caractéristiques physiques de ce comportement: aucun réglage spécifique n'est donc nécessaire. Les installations de type 2 (asynchrones et autres) doivent renforcer la tension au moyen de courant réactif, conformément à la description ci-dessous.

Au cours des creux de tension, les installations de production doivent renforcer la tension du réseau en injectant du courant réactif supplémentaire. De plus, en cas de creux de tension supérieur à 10% de la valeur effective de la tension de l'alternateur, un réglage de la tension doit être activé conformément à Figure 22. Ce réglage doit garantir la mise à disposition d'un courant réactif du côté secondaire du transformateur de la machine, avec une contribution d'au moins 2% de la valeur nominale par pourcentage du creux de tension. L'installation doit être en mesure d'injecter le courant réactif nécessaire en l'espace de 20 millisecondes. Si nécessaire, il doit être possible de fournir du courant réactif à hauteur de 100% minimum du courant nominal. Après le retour de la tension dans la zone de la bande morte, le réglage doit être maintenu plus de 500 millisecondes conformément aux caractéristiques mentionnées.

Le facteur K, qui doit être paramétré à cet effet, est indiqué par le GRD.



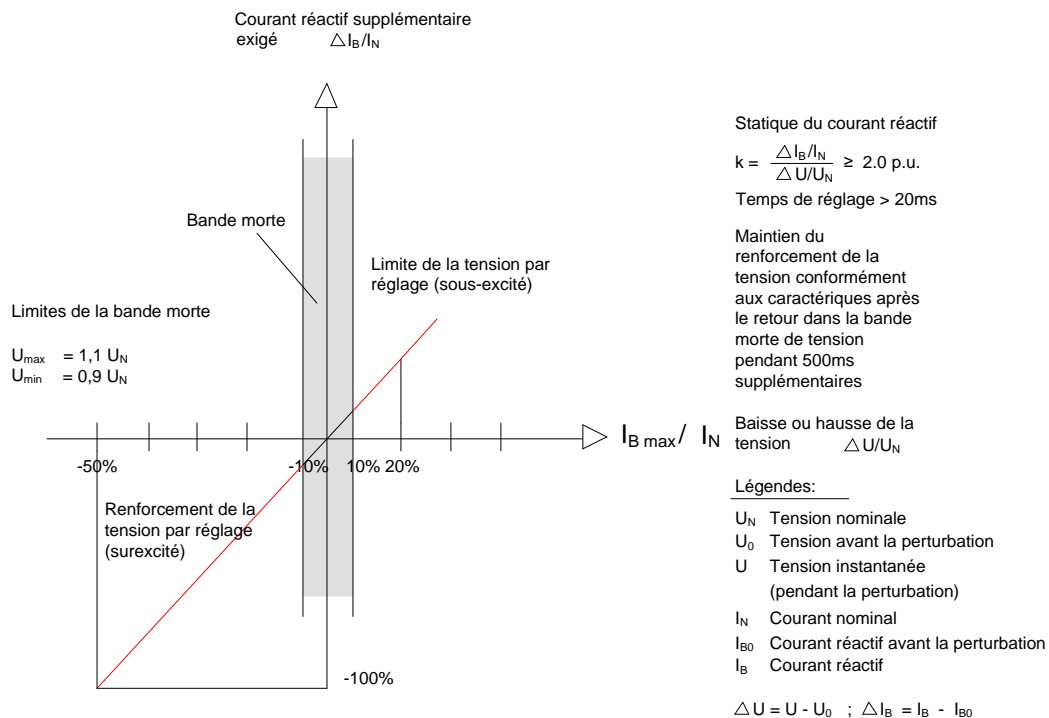


Figure 22: Principe du renforcement de la tension en cas de défaillance du réseau [VDN TC 2007]

## 6.5 Contact avec le gestionnaire de réseau de distribution

L'exploitant d'IPE doit être joignable par le GRD, afin de pouvoir être informé ou mis à contribution en cas de perturbation.

Il est alors extrêmement important que le rétablissement du réseau se déroule manière coordonnée. Dans ce cas, l'exploitant d'IPE présentant une puissance nominale supérieure à 5 MVA doit par conséquent obtenir l'autorisation du GRD pour une reprise de la production. Une adresse e-mail doit être fournie pour l'envoi des programmes de manœuvres à titre d'information.

## 6.6 Point de mesure

Les dispositifs de mesures doivent être équipés conformément aux exigences légales et à celles du GRD. Le Metering Code Suisse (recommandation de la branche), ainsi que les documents d'application de l'OFEN, de l'AES et de swissgrid doivent également être respectés.



## 6.7 Demande de raccordement et évaluation

### 6.7.1 Demande de raccordement

De manière générale, le GRD doit être inclus dès la phase de planification. Il convient à ce stade de respecter les procédures d'annonce de ce dernier.

Une demande de raccordement doit être déposée auprès du GRD avant le raccordement d'une IPE au réseau de distribution. Le formulaire officiel de l'AES (Données techniques pour l'évaluation des perturbations dans les réseaux) peut être utilisé à cet effet. Différents GRD possèdent toutefois leur propre modèle: en cas de doute, il convient par conséquent de consulter le GRD.

Lors de la demande de raccordement, les informations suivantes doivent être fournies au GRD:

- puissance injectée
- type de production d'énergie (p. ex. onduleur, alternateur asynchrone, alternateur synchrone)
- commande de la puissance (p. ex. onduleur)
- constructeur et type de l'IPE, ainsi que les données techniques
- nouvelle construction ou agrandissement d'une installation existante
- schéma électrique
- pour les installations photovoltaïques: nombre d'onduleurs et leur configuration
- caractéristiques de démarrage pour les machines rotatives sans onduleur

D'autres documents doivent être remis au GRD au besoin (p. ex. pente du toit). La demande d'approbation des plans doit être adressée directement à l'ESTI.

### 6.7.2 Evaluation technique

Sur la base des informations fournies lors de la demande de raccordement et des données réseau disponibles au point de raccordement, le GRD détermine à l'aide des «Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ» si le raccordement de l'installation peut être approuvé en l'état ou si certaines mesures sont à adopter. La décision est notifiée par écrit au demandeur.

Le GRD communique sur demande la puissance de court-circuit du réseau ( $S_{kV}$  d'après les règles DACHCZ) au point de raccordement. Cette valeur sert de base pour le calcul des perturbations électriques conformément aux règles DACHCZ.

### 6.7.3 Autorisation de raccordement

Sans autorisation de raccordement, l'installation ne peut être raccordée au réseau. Pour le raccordement de l'IPE au réseau de distribution, un contrat spécifique conclu entre le GRD et le bénéficiaire du raccordement est nécessaire.

## 6.8 Perturbations électriques / qualité de la tension

Le raccordement des IPE au réseau moyenne tension doit être effectué conformément aux «Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ». Le respect des valeurs-limites relève de la responsabilité de l'exploitant d'IPE. Le GRD a la possibilité d'intégrer un dispositif de mesure de la qualité



de la tension au point de raccordement. En principe, seuls les raccordements triphasés sont autorisés sur le réseau de distribution moyenne tension.

## 6.9 Systèmes de communication

Les installations de télécommande centralisée à fréquence musicale fonctionnent habituellement à une fréquence située entre 100 et 1500 Hz environ. La fréquence de télécommande centralisée utilisée sur le site concerné doit être demandée au GRD. Si une installation de production entrave sans autorisation l'utilisation des installations de télécommande centralisée, l'exploitant d'IPE doit prendre des mesures pour résoudre le problème, même si celui-ci n'est constaté qu'a posteriori. D'autres critères de raccordement importants sont définis dans les Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ.

Les appareils de communication via Power Line Communication (PLC, utilisé par les systèmes de smart metering/ smart grid) communiquent en règle générale dans la bande CENELEC A (35 à 91 kHz). Au cas où une installation de production entrave de manière illicite la communication PLC, les gestionnaires d'IPE doivent prendre des mesures.

## 6.10 Documentation et échange de données

Les exploitants et les propriétaires d'installations de production sont tenus de documenter leurs installations conformément aux prescriptions légales et à l'état de la technique. L'exploitant d'une IPE fournit sur demande au GRD les données techniques nécessaires (p. ex. données techniques des installations primaires, puissance des machines et des turbines, réglages de la commande et de la protection).

## 6.11 Contrôles et réception

L'exploitant d'IPE doit justifier auprès du GRD et de l'ESTI du bon fonctionnement du dispositif de protection demandé à l'occasion d'un contrôle de réception. Le GRD doit autoriser la première mise en service. Il doit être sollicité au minimum quatre semaines avant la réception.

L'IPE ne peut être mise en service que lorsque

- a) le contrôle de réception et le procès-verbal de réception ont été remis au GRD,
- b) les éventuels renforcements de réseau nécessaires ont été effectués.

Une mise en service temporaire destinée au contrôle de l'IPE peut avoir lieu préalablement en concertation avec le GRD.

L'exploitant d'IPE est responsable du respect des exigences nécessaires prévues. Il assure de manière autonome les réceptions et les contrôles indispensables. Il est garant de l'organisation et de l'exécution des opérations de maintenance obligatoires (y compris les contrôles périodiques).

Le GRD peut exiger des tests, des contrôles de protection ainsi que des mesures supplémentaires (p. ex. pour vérifier la qualité de la tension) ou les effectuer lui-même, dans le cadre des exigences du présent document.

Sur demande, l'exploitant d'IPE donne au GRD des informations sur les contrôles et les tests effectués.



## 7. Exigences relatives au raccordement au réseau basse tension NR 7

### 7.1 Généralités

Les installations de production doivent être déclarées par le biais d'une demande de raccordement déposée auprès du GRD afin de procéder à une évaluation. Cette demande doit être accompagnée des documents correspondants. Les détails relatifs aux points de raccordement techniquement envisageables sont communiqués par écrit à l'exploitant de l'IPE.

Le présent chapitre définit les exigences envers les IPE >800 VA disposant d'un point de raccordement au réseau basse tension.

L'espace nécessaire aux dispositifs du GRD destinés au raccordement de l'IPE (p. ex. technique secondaire et mesure pour le décompte avec raccordement de communication) est mis à disposition gratuitement par le bénéficiaire du raccordement. L'accès au point de raccordement (élément de séparation) doit être garanti à tout moment au GRD.

La puissance maximale pouvant être injectée dans le réseau basse tension à un point donné dépend des conditions existantes sur le réseau, ainsi que du type et du mode d'exploitation de l'installation de production. Il n'est pas possible d'indiquer une puissance générale. Celle-ci ne peut être définie au cas par cas que par le biais de calculs réseau.

Généralement, seules des IPE de type A sont utilisées pour injecter du courant dans un réseau basse tension:

- Type A: de 800 VA à 1 MVA

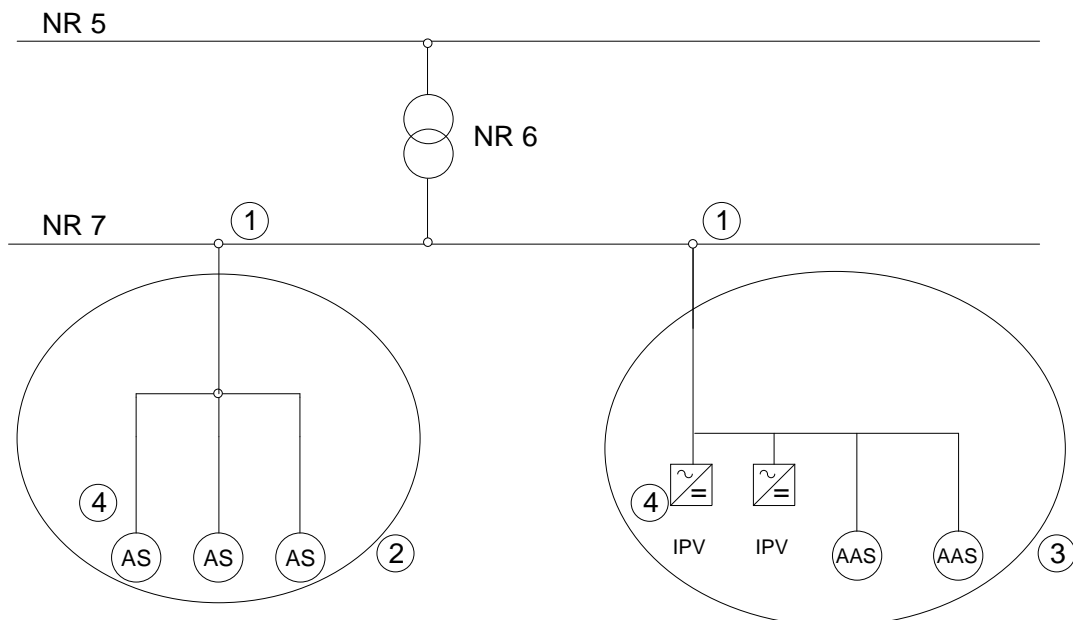
En fonction de leurs caractéristiques physiques et électriques, elles peuvent être classées comme suit:

- Type 1: alternateurs synchrones
- Type 2: alternateurs asynchrones et onduleurs

La classification d'une IPE s'effectue en fonction de la puissance d'injection au point de raccordement, qui, pour les deux types de machines, peut comporter une ou plusieurs unités de production. En cas d'installation de production mixte (type 1 et 2), le GRD décide en concertation avec l'exploitant d'IPE de la manière dont les installations doivent être gérées.







- ① Point de raccordement avec le dispositif de raccordement
- ② IPE type 1
- ③ IPE type 2
- ④ UPE

AAS – alternateur asynchrone  
 AS – alternateur synchrone  
 IPV – installation photovoltaïque

Figure 23: Variantes de raccordement avec différents types de machines sur un réseau basse tension

## 7.2 Technique primaire du point de raccordement

Les installations de production exploitées parallèlement au réseau de fourniture d'électricité doivent être équipées d'un dispositif de déclenchement et de sectionnement adapté. Les installations exploitées parallèlement pour une durée limitée uniquement doivent être gérées de la même manière que les installations de production destinées à une exploitation parallèle.



Un dispositif de raccordement comprend dans tous les cas au moins les composants primaires suivants:

- un coupe-surintensité général ou installé chez le bénéficiaire

ou

- un disjoncteur ou un déconnecteur équivalent équipé de dispositifs de protection.

Tous les composants primaires doivent être dimensionnés en fonction des données d'exploitation et de défaut maximales. Les données d'exploitation incluent notamment la tension et la fréquence nominale d'exploitation, la tension d'exploitation maximale et le courant de service. Les données de défaut comprennent entre autres le courant thermique de courte durée et le courant de court-circuit de crête. Les courants de court-circuit sur le réseau sont fournis par le GRD.

### 7.3 Technique secondaire

#### 7.3.1 Commande, réglage et mesure

L'exploitant d'IPE est responsable de la commande et de la synchronisation de son installation.

La mise en parallèle sur le réseau d'une installation de production ne peut être effectuée que si aucun critère de déclenchement de la protection au point de raccordement n'est présent et si la tension du réseau est disponible pour les trois phases dans les marges de tolérance indiquées. Les IPE ne peuvent se reconnecter qu'après un temps > 2 minutes après le retour des conditions de tension et de fréquence normales, avec une augmentation linéaire de la puissance. L'augmentation des IPE réglables doit correspondre à un gradient de 10% de la puissance active  $P_{max}$  par minute. Les IPE non réglables peuvent se remettre en circuit après environ 2...10 minutes de manière aléatoire.

Si l'IPE doit être commandable, la primauté de commande du point de raccordement doit être définie entre le GRD et l'exploitant d'IPE.

L'IPE doit posséder ou mettre à disposition les interfaces suivantes pour la commande, le réglage et la mesure:

#### **Entrée analogique destinée au réglage de la puissance réactive pour les installations >100 kVA**

La commande de l'IPE doit posséder au minimum une entrée analogique permettant au GRD de commander la puissance réactive (p. ex.  $\cos\phi$ ) au point de raccordement. Pour chaque projet, il convient de définir dans le cadre d'un contrat, à quel moment et dans quelle plage celle-ci doit être réglée, ainsi que la façon dont l'interface sera réalisée sur le plan technique.

#### **Entrée binaire destinée à l'arrêt de l'IPE en cas d'urgence pour les IPE $\leq$ 30 kVA**

La commande d'une IPE doit disposer d'une entrée binaire permettant au GRD d'arrêter l'installation de production (puissance injectée = 0 kVA) en cas d'urgence (p. ex. pour éviter un effondrement du réseau).



### **Réglage de la puissance active en fonction de la valeur de consigne pour les IPE > 30 kVA**

Les installations ayant une puissance installée > 30 kVA doivent être équipées de dispositifs techniques permettant au GRD de réduire à tout moment la puissance d'injection de l'IPE.

La commande de l'IPE doit disposer au minimum des entrées binaires suivantes, permettant au GRD d'arrêter l'installation de production ou de réduire la puissance d'injection en cas d'urgence (p. ex. pour éviter un effondrement du réseau):

- Une entrée binaire pour 60% de la puissance nominale
- Une entrée binaire pour 30% de la puissance nominale
- Une entrée binaire pour 0% de la puissance nominale

Les installations de production dont la puissance est supérieure ou égale à 30 kVA doivent par ailleurs être en mesure de réduire leur puissance active par paliers de 10% minimum de la puissance active maximale. Une réduction de la puissance active à la valeur théorique indiquée par le GRD doit être possible pour chaque état d'exploitation et pour chaque point de fonctionnement.

### **Entrée binaire supplémentaire pour l'autorisation de l'IPE**

Le GRD peut exiger une entrée binaire supplémentaire lui permettant d'autoriser la mise en circuit sur le réseau (couplage au réseau) de l'alternateur.

### **7.3.2 Protection / protection contre le découplage**

La protection revêt une importance considérable pour une exploitation sûre et fiable des réseaux, du dispositif de raccordement et de l'unité de production. Il en va de la responsabilité de l'exploitant d'IPE de s'assurer que sa propre protection est garantie. Le cas échéant, les fonctions de protection décrites dans le présent document doivent être complétées par le bénéficiaire du raccordement de l'installation de production. Sa propre protection ne peut toutefois être inférieure aux exigences décrites dans cette recommandation.

Pour les installations ayant une puissance > 30 kVA au point de raccordement au réseau, il est nécessaire de prévoir une protection de découplage (protection RR) équipée d'un disjoncteur de couplage pour chaque installation de production mesurée dans la zone du point de raccordement. Le disjoncteur de couplage se compose de deux dispositifs de commutation électriques montés en série (p. ex. un commutateur de puissance, un contacteur ou un disjoncteur de moteur). Lorsque la puissance est supérieure ou égale à 100 kVA, seuls les disjoncteurs de moteur ou les commutateurs de puissance sont autorisés. Les dispositifs de commutation doivent résister aux courts-circuits et comporter tous les pôles (y compris le conducteur neutre). Le pouvoir de coupure doit être dimensionné au minimum d'après la plage de réponse du fusible amont. L'installation et l'activation doivent être définies avec le GRD lors de la phase de projet.

L'exploitant d'IPE doit procéder à la protection RR et la contrôler tous les 5 ans, conformément à l'Ordonnance sur le courant fort.



Les fonctions de protection suivantes sont nécessaires:

- protection de sous-tension  $U <$
- protection de surtension  $U >$
- protection de surtension  $U >>$
- protection de sous-fréquence  $f <$
- protection de surfréquence  $f >$

Les recommandations relatives aux fonctions de protection et aux valeurs de réglage sont indiquées dans le Tableau 15 du chapitre 7.4.3.2.

Les fonctions liées à la tension doivent généralement être mises en place pour chaque conducteur extérieur (3 x tensions phase-terre et 3 x tensions phase-phase). Ces six rapports de tension doivent être raccordés par une opération logique OU. Ainsi, si l'une des six valeurs atteint un seuil de sous-tension ou de surtension, la fonction respective est activée.

Les fonctions liées à la fréquence peuvent être monophasées.

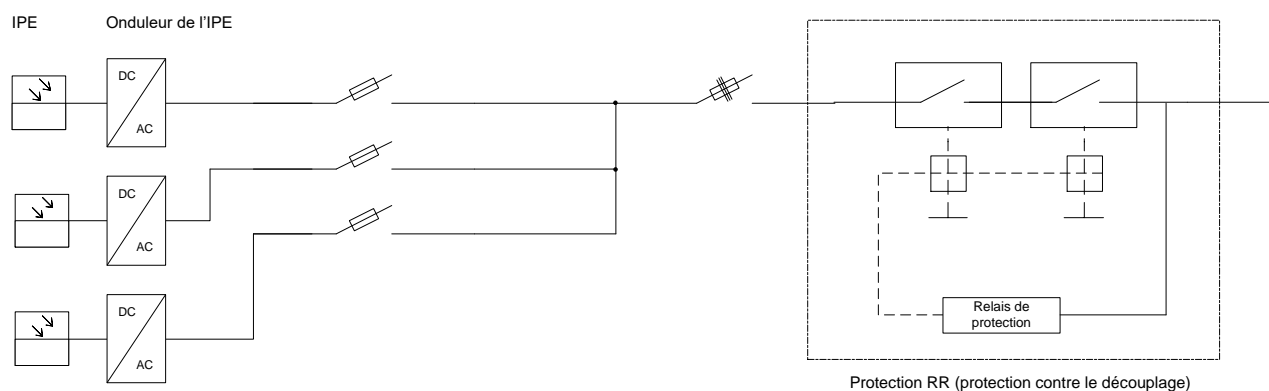


Figure 24: Protection contre le découplage

### 7.3.3 Energie auxiliaire

La capacité d'une éventuelle alimentation auxiliaire doit être calculée de manière à ce que les besoins énergétiques du dispositif de raccordement puissent être couverts en toute autonomie pendant un certain temps pour tous les dispositifs de protection, dispositifs secondaires et dispositifs de secours, en cas de défaillance de la tension du réseau. L'alimentation des besoins propres de l'installation de raccordement (y compris l'énergie auxiliaire) est de la responsabilité du gestionnaire de l'IPE.



## 7.4 Comportement de l'IPE sur le réseau

### 7.4.1 Exploitation normale

La mise en service de l'installation doit être convenue au cas par cas avec le GRD.

L'IPE dont la puissance est supérieure à 30 kVA doit pouvoir être exploitée avec une puissance réduite. Le GRD est autorisé à exiger une limitation temporaire de la puissance d'injection ou à décider d'un arrêt de l'installation. L'exploitant d'IPE est tenu d'arrêter son installation à la demande du GRD et de la déconnecter du réseau.

Les installations de production raccordées au réseau au moyen de dispositifs de synchronisation et de réglage automatique de la tension ne doivent provoquer aucune variation non autorisée de la tension. Il convient donc d'optimiser les dispositifs de régulation de la tension et de synchronisation ainsi que de prévoir des mesures de limitation de courant. Les alternateurs asynchrones non auto-excités ne peuvent être mis en circuit que dans une plage de 95% à 105% de leur vitesse synchrone. Les machines asynchrones auto-excitées conçues pour l'îlotage ne pouvant être mises en circuit hors tension doivent respecter les conditions de mises en circuit pour les machines synchrones.

Si le GRD souhaite fixer un objectif de tension à l'installation de production, cela doit faire l'objet d'une disposition dans le contrat de raccordement au réseau, qui définit également les équipements techniques nécessaires.

#### Réglage de la puissance réactive (soutien statique du réseau)

Les installations de production d'énergie > 30 kVA doivent être en mesure, dans des conditions d'exploitation normales, d'émettre ou d'absorber une puissance réactive inductive ou capacitive dans la plage de facteurs de puissance suivantes. Les valeurs en dehors de cette plage (p. ex. pour les machines synchrones) doivent être définies contractuellement.

$800 \text{ VA} < \sum S_{E_{\max}} \leq 30 \text{ kVA}$  de  $\cos\varphi = 0,95_{\text{sous-excité}}$  à  $\cos\varphi = 0,95_{\text{surexcité}}$

La valeur de réglage ou la courbe caractéristique est définie par le GRD concerné en fonction du type d'installation.

$30 \text{ kVA} < \sum S_{E_{\max}} \leq 100 \text{ kVA}$  de  $\cos\varphi = 0,9_{\text{sous-excité}}$  à  $\cos\varphi = 0,9_{\text{surexcité}}$

Le GRD définit dans ce contexte les types de réglages et de commande suivants:

- a) Facteur de déphasage fixe  $\cos\varphi$
- b) Facteur de déphasage  $\cos\varphi(P)$
- c) Puissance réactive constante  $Q$
- d) Courbe caractéristique de la puissance réactive / de la tension  $Q(U)$



$\Sigma S_{E_{max}} > 100 \text{ kVA}$

de  $\cos\varphi = 0,9_{\text{sous-excité}}$  à  $\cos\varphi = 0,9_{\text{surexcité}}$

Un raccordement au centre d'exploitation réseau du GRD peut être effectué, permettant à ce dernier de régler le  $\cos\varphi$  en fonction de la situation sur le réseau. Le GRD définit dans ce contexte les types de réglages et de commandes suivants:

- a) Facteur de déphasage fixe  $\cos\varphi$
- b) Facteur de déphasage  $\cos\varphi(P)$
- c) Puissance réactive constante  $Q$
- d) Courbe caractéristique de la puissance réactive / de la tension  $Q(U)$

Si une courbe caractéristique  $\cos\varphi(P)$  est fournie par le GRD, chaque valeur théorique résultant de la courbe doit s'ajuster automatiquement en l'espace de 10 secondes.

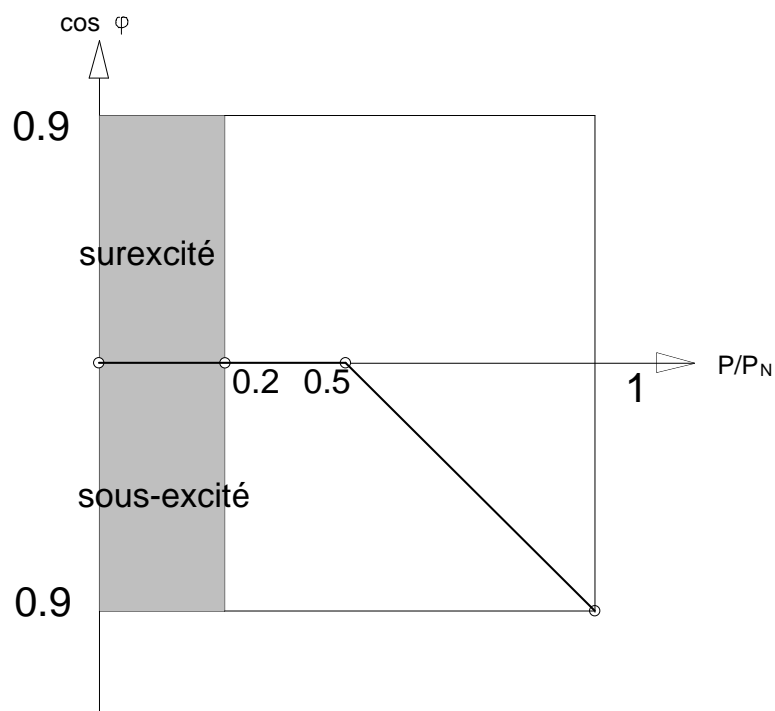


Figure 25: Exemple de courbe caractéristique  $\cos\varphi$  (installation photovoltaïque) sur un réseau basse tension

Pour éviter les fluctuations de tension en cas de variation de l'injection de puissance active, une courbe caractéristique avec un tracé continu et une pente délimitée doit être choisie. La procédure sélectionnée et les valeurs théoriques sont définies individuellement par le GRD pour chaque installation de production et consignées par accord.



## 7.4.2 Comportement en cas de perturbation au sein de l'IPE

En cas de défaillance au sein de l'IPE (dans l'unité de production même ou dans le réseau partiel de l'IPE), il est impératif de déconnecter immédiatement l'installation du réseau. Les courts-circuits dans l'IPE doivent être identifiés et mis hors circuit par la protection de l'IPE (habituellement  $\leq 0,1$  seconde), quels que soient les composants concernés (y compris commutateurs, jeux de barres, transformateurs et onduleurs). Les autres défaillances doivent être traitées conformément à l'état de la technique et en fonction du type d'IPE.

## 7.4.3 Comportement en cas de perturbation sur le réseau

En cas de creux de tension sur le réseau de distribution, les IPE  $\leq 800$  VA doivent immédiatement être séparées du réseau (temps de déclenchement  $\leq 200$  millisecondes). Pour les IPE  $> 800$  VA, les conditions suivantes sont applicables.

### 7.4.3.1 Généralités

Le GRD est autorisé en cas de danger et de défaillance à isoler immédiatement l'IPE du réseau, et ce, notamment en situation d'urgence et sans en informer préalablement l'exploitant de l'installation.

Les réglages de protection doivent impérativement être coordonnés avec le GRD.

### 7.4.3.2 Comportement tension-temps (courbes caractéristiques $u(t)$ )

En cas de creux de tension, les IPE doivent afficher une courbe caractéristique conforme à l'Figure 26. Les courbes caractéristiques  $u(t)$  doivent être respectées au point de raccordement. Les pourcentages indiqués ci-dessous pour la tension se réfèrent à la tension phase-terre.

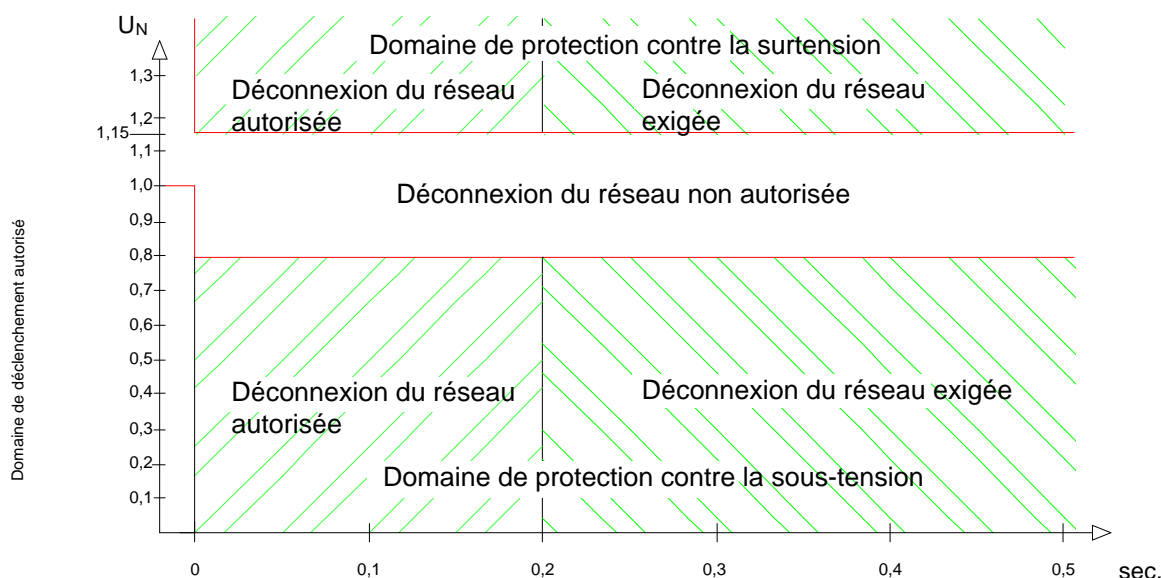


Figure 26: Courbe caractéristique de déclenchement en cas de creux de tension du type A dans un réseau basse tension



### Recommandations de réglage

Le Tableau 15 indique des recommandations relatives aux fonctions de protection et aux valeurs de réglage.

Tableau 15: Recommandations de réglage pour la protection contre le découplage au point de raccordement

Fonction	Valeurs de réglage du relais de protection recommandées	
Protection de surtension $U>$ (valeur moyenne 10 min)*	$1,1 U_n$	instantané
Protection de surtension $U>>$	$1,15 U_n^{**}$	instantané
Protection de sous-tension $U<$	$0,80 U_n$	instantané
Protection de surfréquence $f>$	$51,5 \text{ Hz } (U > 70\% U_n)$	instantané
Protection de sous-fréquence $f<$	$47,5 \text{ Hz } (U > 70\% U_n)$	instantané
Identification du réseau en îlot (par ex. procédure shift de l'onduleur)		Arrêt dans les 5 secondes suivant la séparation du réseau

$U_n$ : tension nominale (230 V)  
instantané = 50...150 ms (pour éviter les fonctionnements intempestifs)  
\* peut être installée sur l'onduleur  
\*\* à défaut d'une valeur moyenne 10 min ( $U>$ ),  $U>>$   $1,1U_n$   
Remarque: prendre garde à la rechute (hystérésis) des relais en cas d'hyperfonction / de réenclenchement.

#### 7.4.3.3 Remise en circuit de l'installation de production après une perturbation

Des remises en circuit manuelles ou automatiques peuvent se produire sur le réseau de distribution, suite à des courts-circuits ou des défauts à la terre. L'installation de production doit se protéger elle-même en ce qui concerne la synchronisation. L'exploitant d'IPE est responsable de la mise en circuit ou de l'arrêt de l'installation, ainsi que du processus de synchronisation.

Après la mise hors circuit d'une défaillance sur le réseau de distribution ou lors d'un ou plusieurs réenclenchements automatiques ou manuels consécutifs, l'exploitant d'IPE doit s'attendre à ce que la tension retrouvée au point de raccordement soit asynchrone par rapport à celle de l'installation de production. L'exploitant d'IPE doit veiller lui-même à ce que les manœuvres de couplage, les variations de tension, les réenclenchements automatiques ou d'autres activités sur le réseau du GRD ne provoquent pas de dommages sur son installation et, le cas échéant, à ce que son IPE ne détériore pas à son tour les installations de tiers. Les enclenchements et les arrêts d'IPE provoquent des variations de tension, qui ne doivent pas dépasser les valeurs-limites définies par les Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ.

Une synchronisation de l'IPE avec le réseau doit être possible entre 49,0 et 51,0 Hz, avec une tension située entre 90...110%  $U_n$ .

Pour les convertisseurs (p. ex. les installations photovoltaïques), l'unité de production est reconnectée automatiquement lorsque la tension du point de raccordement équivaut à 90%...110% de la tension nominale (valeur la plus basse des tensions composées) et lorsque la fréquence se situe entre 47,5 et 50,05 Hz.

La temporisation pour la reconnexion est généralement de 2 à 30 minutes et doit être défini avec le GRD. Pour des déclenchements de protection différents, les délais peuvent varier.





### 7.4.3.4 Comportement de fréquence

Pour les fréquences situées entre 47,5 et 51,5 Hz, une déconnexion automatique du réseau en raison d'un écart de fréquence n'est pas autorisée.

Si la fréquence est inférieure à 47,5 Hz ou supérieure à 51,5 Hz, une déconnexion automatique du réseau doit avoir lieu en l'espace d'une seconde. Le GRD peut définir une valeur-limite inférieure différente si l'unité de production se trouve sur une zone de délestage. Les restrictions de l'IPE liées au système dans la bande de fréquence doivent être documentées ou consignées.

Les recommandations relatives aux fonctions de protection et à leurs valeurs de réglage sont exposées dans le Tableau 15 au chapitre 7.4.3.2.

#### Comportement de fréquence en cas de surfréquence

Si la fréquence du réseau est égale ou supérieure à 50,2 Hz, les IPE doivent réduire leur puissance conformément à Figure 27.

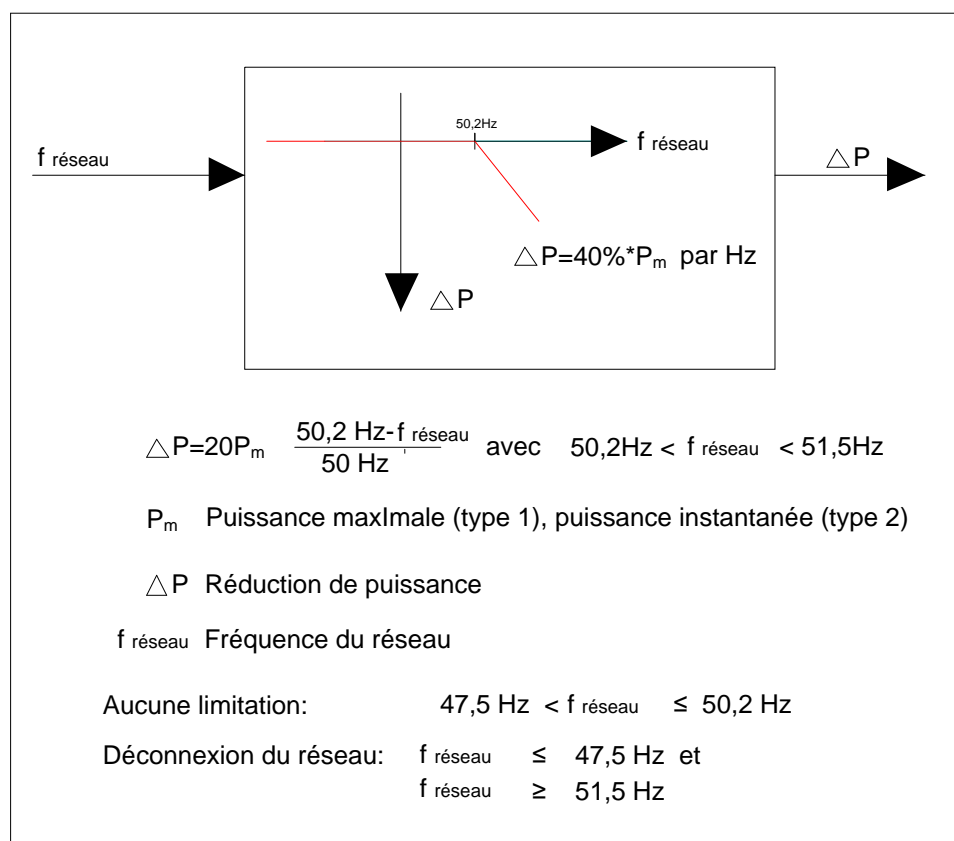


Figure 27: Réduction de puissance en cas de surfréquence sur un réseau basse tension (TC-CH 2013)



Dans la bande de fréquence située entre 50,2 et 51,5 Hz, la réduction de la **puissance active maximale**  $P_m$  des installations de production de type 1 doit correspondre à un gradient de  $40\% * P_m$  par hertz. En cas de puissance inférieure à la puissance active nominale, l'installation de production peut continuer à être exploitée jusqu'à la limite de la valeur actuelle. Lorsque celle-ci est atteinte, la puissance doit être réduite conformément à l'image ci-dessus.

Dans la bande de fréquence située entre 50,2 et 51,5 Hz, les installations de production de type 2 doivent réduire la **puissance active instantanée produite**  $P_m$  (par rapport à la valeur au moment du dépassement de la fréquence de réseau de 50,2 Hz) d'un gradient de  $40\% * P_m$  par hertz.

### **Comportement de fréquence en cas de sous-fréquence**

En cas de réduction de la fréquence conditionnée par l'exploitation du réseau, une réduction de la puissance de l'installation de production est autorisée.

Dans les cas suivants, soit le GRD est autorisé à exiger ou à effectuer une limitation temporaire de la fourniture de puissance active ou une mise hors circuit de l'installation, soit les installations de production doivent procéder automatiquement au réglage:

- danger potentiel pour l'exploitation sécurisée du système
- congestions ou risque de surcharge sur le réseau du GRD
- danger d'apparition d'un réseau en îlot
- menace de stabilité statique ou dynamique du réseau
- augmentation de la fréquence menaçant le système
- resynchronisation de sous-réseaux
- dans le cadre de la gestion de la sécurité du réseau



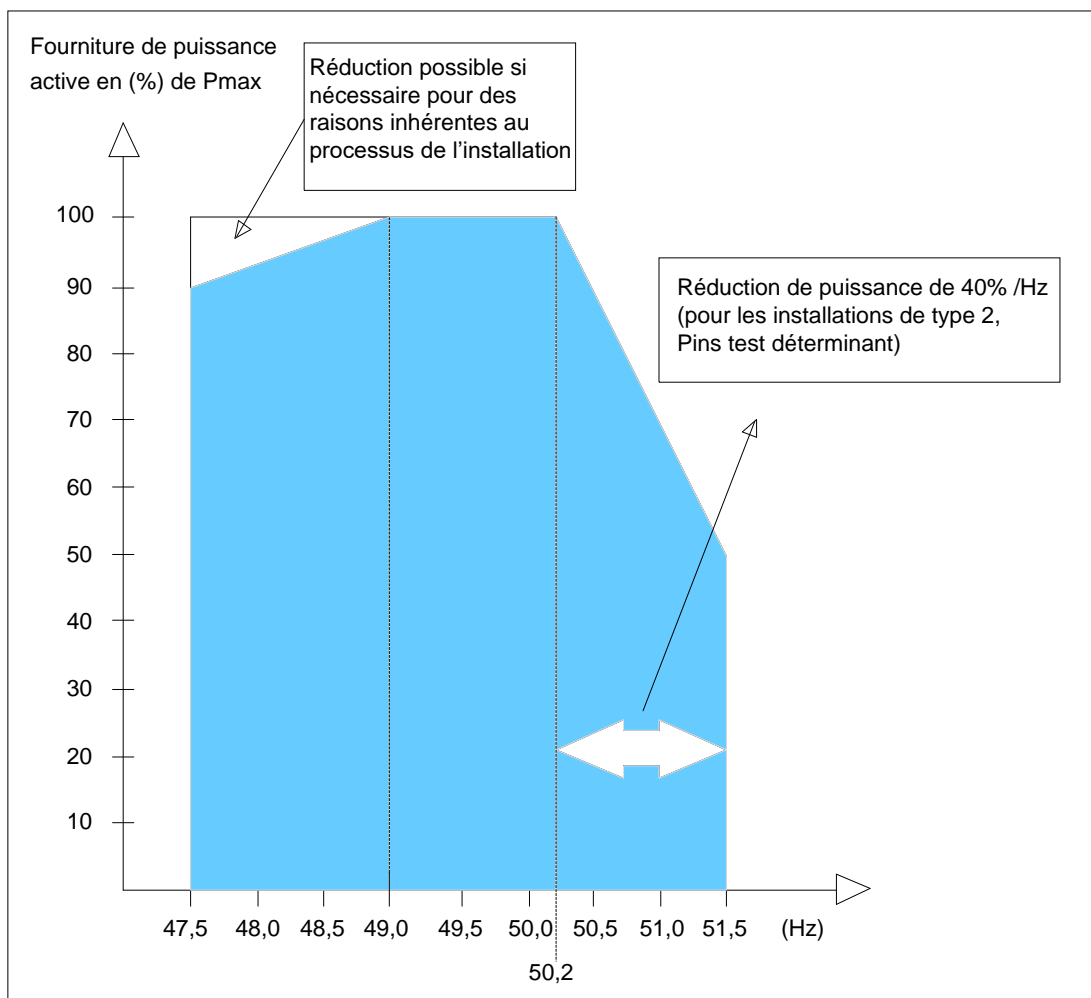


Figure 28: Aperçu des réductions de puissance dépendant de la fréquence



## Bandes de fréquence

En cas de variations de fréquence, l'installation doit pouvoir être exploitée conformément à Figure 29. Celle-ci indique la durée minimale pendant laquelle l'installation doit être raccordée au réseau pour chaque fréquence.

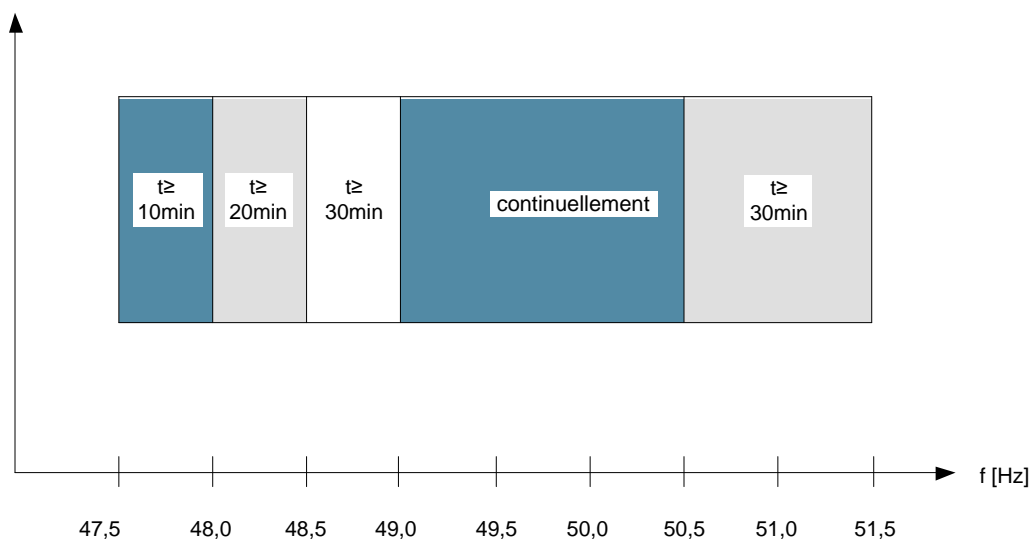


Figure 29: Bandes de fréquence sur un réseau basse tension (Base TC-CH 2013)

## 7.5 Contact avec le gestionnaire de réseau de distribution

L'exploitant d'IPE doit être joignable par le GRD, afin de pouvoir être informé ou mis à contribution en cas de besoin.

## 7.6 Point de mesure

Les dispositifs de mesures doivent être équipés conformément aux exigences légales et à celles du GRD. Le Metering Code Suisse (recommandation de la branche), ainsi que les documents d'application de l'OFEN ou de l'AES et de swissgrid doivent également être respectés.

## 7.7 Demande de raccordement et évaluation

### 7.7.1 Demande de raccordement

De manière générale, le GRD doit être inclus dès la phase de planification. Il convient à ce stade de respecter les procédures d'annonce de ce dernier.

Une demande de raccordement doit être déposée auprès du GRD avant le raccordement d'une IPE au réseau de distribution. Le formulaire officiel de l'AES (Données techniques pour l'évaluation des perturbations dans les réseaux) peut être utilisé à cet effet. Différents GRD possèdent toutefois leur propre modèle: en cas de doute, il convient par conséquent de consulter le GRD.



Lors de la demande de raccordement, les informations suivantes doivent notamment être fournies au GRD:

- puissance injectée
- type de production d'énergie (p. ex. onduleur, alternateur asynchrone, alternateur synchrone)
- commande de la puissance (p. ex. onduleur)
- constructeur et type de l'IPE, ainsi que les données techniques
- nouvelle construction ou agrandissement d'une installation existante
- schéma électrique
- pour les installations photovoltaïques: nombre d'onduleurs et leur configuration
- caractéristiques de démarrage pour les machines rotatives sans onduleur

D'autres documents doivent être remis au GRD au besoin (p. ex. pente du toit). La demande d'approbation des plans doit être adressée directement à l'ESTI.

### 7.7.2 Evaluation technique

Sur la base des informations fournies lors de la demande de raccordement et des données réseau disponibles au point de raccordement, le GRD détermine à l'aide des «Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ» si le raccordement de l'installation peut être approuvé en l'état ou si certaines mesures sont à adopter. La décision est notifiée par écrit au demandeur.

Le GRD communique sur demande la puissance de court-circuit du réseau ( $S_{kV}$  d'après les règles DACHCZ) au point de raccordement. Cette valeur sert de base pour le calcul des perturbations électriques conformément aux règles DACHCZ.

### 7.7.3 Autorisation de raccordement

Sans autorisation de raccordement, l'installation ne peut être raccordée au réseau. Les prescriptions des distributeurs d'électricité et l'OIBT sont également applicables à l'autorisation de raccordement. Les accords spécifiques doivent être définis dans le cadre d'un contrat entre le GRD et le bénéficiaire du raccordement.

## 7.8 Perturbations électriques / qualité de la tension

Le raccordement des IPE au réseau basse tension doit être effectué conformément aux «Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ».

Il convient généralement de prévoir un raccordement triphasé pour les IPE, afin d'éviter les asymétries de tension.

Un raccordement monophasé est en principe possible si

$$\sum S_{E_{\max}} \leq 3,6 \text{ kVA par phase } (\sum S_{E_{\max}} = \text{puissance apparente maximale d'une UPE})$$

Il en résulte ainsi une puissance d'installation maximale de 10,8 kVA pour les installations de production monophasées, couplées de manière non communicative. Les installations possédant plusieurs installations de production monophasées doivent se comporter comme des installations de production triphasées symétriques pendant l'exploitation. Cela peut être garanti par un couplage communicatif des différentes installations de production ou par un relais de contrôle de la tension triphasée.



Pour les onduleurs monophasés, le GRD peut indiquer à quelle phase l'installation doit être raccordée.

Contrairement à ce qui a été dit dans le paragraphe précédent, le GRD peut restreindre ou interdire l'exploitation d'onduleurs monophasés pour prévenir une charge asymétrique du réseau de distribution, dans la mesure où aucune contrainte technique n'interdit l'utilisation d'un onduleur triphasé.

En cas de particularités techniques (p. ex. type et mode d'exploitation du réseau, puissance de court-circuit au point de raccordement), le GRD peut indiquer des valeurs-limites différentes de celles des règles DACHCZ. En cas de réduction de ces valeurs notamment, le bénéficiaire du raccordement concerné reçoit un justificatif relatif à la nécessité de cette mesure (p. ex. données réseau, calculs). Les différences avec les valeurs-limites sont convenues par écrit avec le producteur.

## **7.9 Systèmes de communication**

Les installations de télécommande centralisée à fréquence musicale fonctionnent habituellement à une fréquence située entre 100 et 1500 Hz environ. La fréquence de télécommande centralisée utilisée sur le site concerné doit être demandée au GRD. Si une installation de production entrave sans autorisation l'utilisation des installations de télécommande centralisée, l'exploitant d'IPE doit prendre des mesures pour résoudre le problème, même si celui-ci n'est constaté qu'a posteriori. D'autres critères de raccordement importants sont définis dans les Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ.

Les appareils de communication via Power Line Communication (PLC, utilisé par les systèmes de smart metering/ smart grid) communiquent en règle générale dans la bande CENELEC A (35 à 91 kHz). Au cas où une installation de production entrave de manière illicite la communication PLC, les gestionnaires d'IPE doivent prendre des mesures.

## **7.10 Documentation et échange de données**

L'exploitant d'IPE est tenu de documenter ses installations conformément aux prescriptions légales et à l'état de la technique. L'exploitant d'IPE fournit sur demande au GRD les données techniques nécessaires (p. ex. données techniques de l'installation, réglages de la commande et de la protection).

## **7.11 Contrôles et réception**

L'exploitant d'IPE (> 800 VA) doit justifier auprès du GRD et de l'ESTI du bon fonctionnement du dispositif de protection demandé, à l'occasion d'un contrôle de réception. Le GRD doit autoriser la première mise en service. Il doit être sollicité au minimum quatre semaines avant la réception.

L'IPE ne peut être mise en service que lorsque

- a) le contrôle de réception et le procès-verbal de réception ont été remis au GRD,
- b) le contrôle final est effectué et l'avis d'achèvement de l'installateur-électricien a été remis au GRD,
- c) les éventuels renforcements de réseau nécessaires ont été accomplis.

Une mise en service temporaire destinée au contrôle de l'IPE peut avoir lieu préalablement en concertation avec le GRD.



L'exploitant d'IPE est responsable du respect des exigences nécessaires prévues. Il assure de manière autonome les réceptions et les contrôles indispensables. Il est responsable de l'organisation et de l'exécution des opérations de maintenance obligatoires (y compris les contrôles périodiques).

Le GRD peut exiger des tests, des contrôles de protection ainsi que des mesures supplémentaires (p. ex. pour vérifier la qualité de la tension) ou les effectuer lui-même, dans le cadre des exigences du présent document.

L'exploitant d'IPE informe le GRD sur demande des contrôles et des tests effectués.

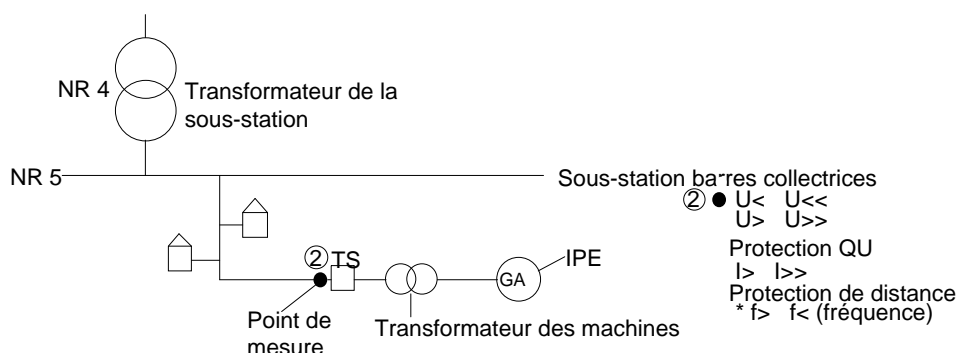


## Annexe A: Exemples de raccordement au réseau moyenne tension et basse tension, avec suggestion de valeurs de réglage

**Exemple 1:** Raccordement d'une machine asynchrone 1,5 MVA (centrale de dotation)

- Installation de type B 2
- Raccordement de l'installation en moyenne tension (chapitre 6)
- Raccordement à partir du réseau MT permis par un contrôle préalable, tel que décrit au chapitre 6.1)

Un raccordement peut donc être effectué comme suit:



Valeurs de réglage proposées	
U >	1,15 x U <sub>C</sub> (2 s)
U >>	1,25 x U <sub>C</sub> (100 ms)
U <	0,85 x U <sub>C</sub> (1,5 s)
U <<	0,15 x U <sub>C</sub> (150 ms)
f > *	51,5 Hz (200 ms)
f < *	47,5 Hz (200 ms)
I >	1,2 x I <sub>N</sub> (1 s)
I >>	15 x I <sub>N</sub> (100 ms)
QU	0,85 x U <sub>C</sub> (1 s)
cos φ **	Selon directives du GRD
Gestion puissance active **	Selon ch. 6.3
Synchronisation	49 Hz .... 51 Hz
Réduction de puissance (à partir de 50,2 Hz) **	Selon ch. 6.4.3.5

Le réglage de la protection de distance est effectué après le calcul et la prise en considération du réseau en amont

\*\* doit être réalisée au générateur.

\* peut être réalisée au générateur ou au point de mesure.

En principe, toutes les valeurs de réglage doivent être définies en accord avec le GRD. A l'exception de la fonction de courant I >>, les autres fonctions de protection peuvent également avoir pour conséquence un arrêt du côté de l'alternateur. Il doit être possible de régler le cos φ et la puissance jusqu'à l'arrêt comme décrit au chapitre 6, après concertation avec le GRD.

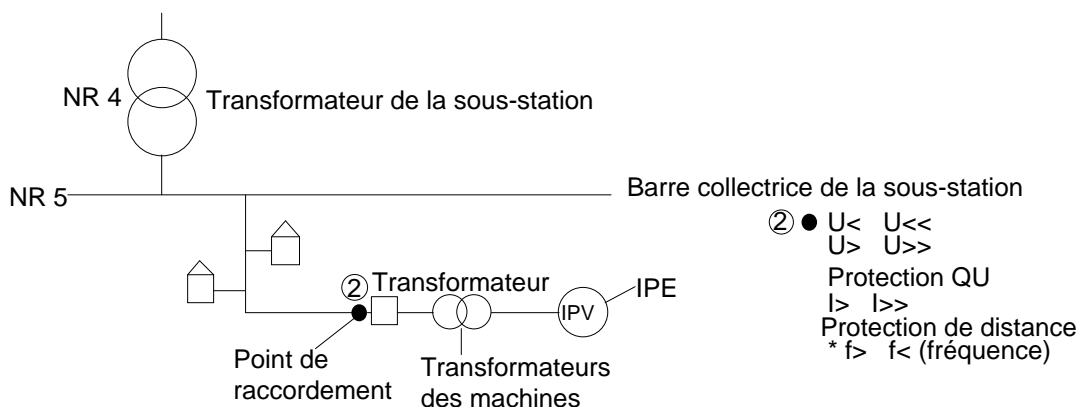




**Exemple 2:** Raccordement d'une installation photovoltaïque 1,2 MVA

- Installation de type B 2
- Raccordement de l'installation en moyenne tension (chapitre 6)
- Raccordement à partir du réseau MT permis par un contrôle préalable, tel que décrit au chapitre 6.1)

Un raccordement peut donc être effectué comme suit:



Les valeurs suivantes sont recommandées:

	Point de raccordement	Onduleur
U > (valeur min. 10 min.)	---	1,1 x U <sub>C</sub> (100 ms)
U >	1,15 x U <sub>C</sub> (2,5 s)	1,15 x U <sub>C</sub> (2 s)
U >>	1,25 x U <sub>C</sub> (300 ms)	1,25 x U <sub>C</sub> (100 ms)
U <	0,85 x U <sub>C</sub> (1,7 s)	0,85 x U <sub>C</sub> (1,5 s)
U <<	0,15 x U <sub>C</sub> (350 ms)	0,15 x U <sub>C</sub> (150 ms)
f > *	51,5 Hz (300 ms)	51,5 Hz (100 ms)
f < *	47,5 Hz (300 ms)	47,5 Hz (100 ms)
I >	1,2 x I <sub>N</sub> (1 s)	---
I >>	15 x I <sub>N</sub> (100 ms)	---
QU	0,85 x U <sub>C</sub> (1 s)	---
cos φ **	---	Selon directive du GRD
Gestion puissance active **	---	Selon ch. 6.3
Synchronisation	47,5 Hz .... 50,05 Hz	47,5 Hz .... 50,05 Hz
Réduction de la puissance (à partir de 50,2Hz) **	---	Selon ch. 6.4.3.5

Le réglage de la protection de distance est effectué après le calcul et la prise en considération du réseau en amont

\* peut être réalisé à l'onduleur ou au point de raccordement.

\*\* doit être réalisé à l'onduleur.

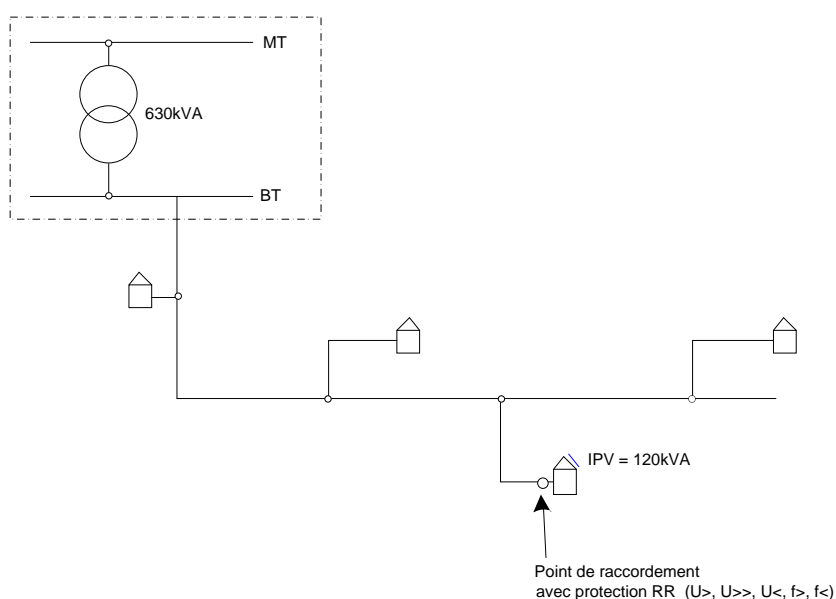
En principe, toutes les valeurs de réglage doivent être définies en accord avec le GRD. A l'exception de la fonction de courant I>>, les autres fonctions de protection peuvent également avoir pour conséquence un arrêt du côté de l'alternateur. Il doit être possible de régler le cos φ et la puissance jusqu'à l'arrêt comme décrit au chapitre 6, après concertation avec le GRD.



**Exemple 3:** Raccordement d'une installation photovoltaïque de 120 kVA

- Installation de type A 2
- Raccordement de l'installation en basse tension (chapitre 7)
- Du fait de la puissance (>30 kVA), une protection RR (protection de découplage) doit être installée au niveau du point de raccordement au réseau basse tension (du côté du producteur d'électricité).

Station de transformation (NR6)



Les réglages suivants sont recommandés:

	Protection RR	Onduleur
U> (Valeur min. 10 min. )	1,1 x U <sub>N</sub> (200ms)	1,1 x U <sub>N</sub> (<100ms)
U>>	1,15 x U <sub>N</sub> (200ms)	1,15 x U <sub>N</sub> (<100ms)
U<	0,8 x U <sub>N</sub> (200ms)	0,8 x U <sub>N</sub> (<100ms)
f >	51,5 Hz (200ms)	51,5 Hz (<100ms)
f <	47,5 Hz (200ms)	47,5 Hz (<100ms)
Synchronisation	47,5 ... 50,05 Hz	47,5 ... 50,05 Hz
cos φ *	---	Selon directive du GRD, possible entre cos φ = 0,9 sous-excité à cos φ = 0,9 surexcité (Racc. poss. au poste de conduite)
Gestion de la puissance active de l'IPV	---	Si nécessaire, voir ch. 7.3 Si pas nécessaire, créer les conditions selon ch. 7.3
Réduction de puissance (dès 50,2 Hz)		Selon ch. 7.4.3.4

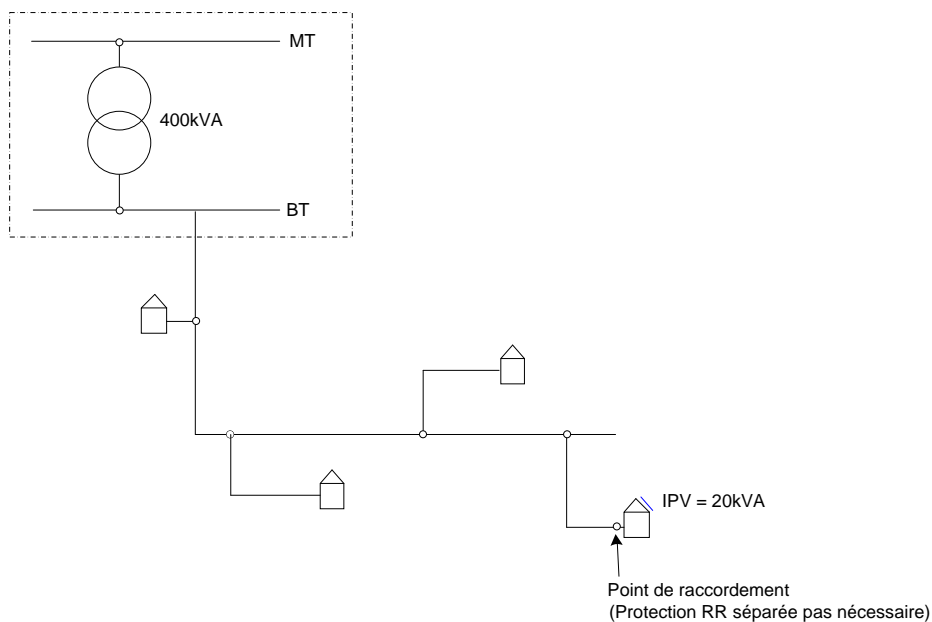
\* doit être réalisé à l'onduleur



**Exemple 4:** raccordement d'une installation photovoltaïque de 20 kVA

- Installation de type A 2
- Raccordement de l'installation en basse tension (chapitre 7)
- Du fait de la puissance (<30 kVA), aucune protection RR (protection de découplage) ne doit être installée au niveau du point de raccordement au réseau basse tension
- Les paramètres de protection indiqués sont réglés au niveau de l'onduleur.

Station de transformation (NR6)



Les réglages suivants sont recommandés:	
U> (Valeur min. 10 min.)	1,1 x U <sub>N</sub> (100ms)
U>>	1,15 x U <sub>N</sub> (100ms)
U<	0,8 x U <sub>N</sub> (100ms)
f >	51,5 Hz (100ms)
f <	47,5 Hz (100ms)
Synchronisation	47,5 ... 50,05 Hz
Réduct. puissance (dès 50,2 Hz)	Selon ch. 7.4.3.4
cos φ	Directive du GRD possible entre cos φ = 0,95 sous-excité à cos φ = 0,95 surexcité
Pas de gestion de la puissance réactive pour installations < 30kVA	



## Annexe B1: Contribution des IPE aux courants de court-circuit

L'exploitation d'installations de production accroît les courants de courts-circuits du réseau, notamment dans la zone du point de raccordement. Ces hausses doivent être contrôlées et le cas échéant ajustées pour chaque installation primaire.

	Courant alternatif de court-circuit de départ $I_{KE}''$	Courant alternatif de court-circuit $I_{KE}$	Courant de court-circuit de crête $i_{pE}$
	Valeur effective de la part 50 Hz du courant pendant les 20 premières millisecondes après la défaillance	Valeur effective du courant après 150 millisecondes et à la fin de la défaillance	
Alternateurs synchrones	8x	5x	20x
Alternateurs asynchrones	6x	5x	12x
Alternateurs asynchrones avec double injection	3x	1x	8x
Convertisseurs	1x	1x	2x

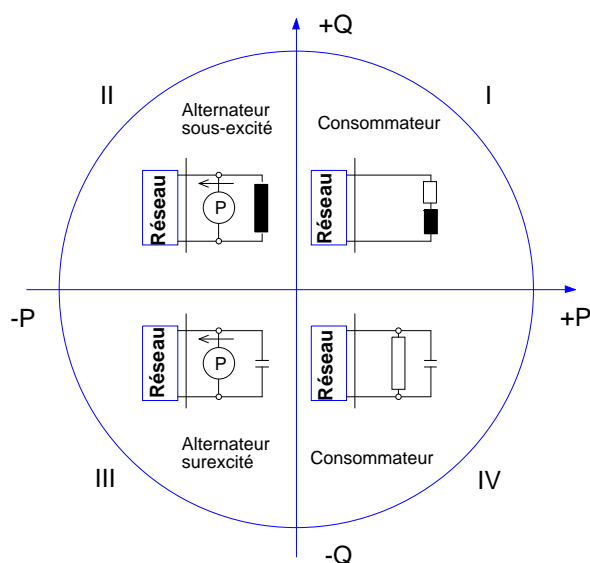
Valeurs indicatives (courant nominal de l'alternateur au bornier de raccordement), pour des valeurs précises, se référer aux fiches techniques



## Annexe B2: Modes d'exploitation des alternateurs et comportements correspondants

Les quatre modes d'exploitation sont différenciés ci-dessous et représentés au selon les quadrants de puissances, avec la convention consommation (puissances consommées positives).

	<b>surexcité</b>	<b>sous-excité</b>
<b>Consommateur</b>	Cadran IV $P > 0$ $Q < 0$ , le consommateur injecte de la puissance réactive dans le réseau (comportement capacitif)	Cadran I $P > 0$ $Q > 0$ , le consommateur prélève de la puissance réactive du réseau (comportement inductif)
<b>Alternateur</b>	Cadran III $P < 0$ $Q < 0$ , l'alternateur injecte de la puissance réactive dans le réseau (comportement capacitif)	Cadran II $P < 0$ $Q > 0$ , l'alternateur prélève de la puissance réactive du réseau (comportement inductif)



Représentation au sein des quadrants de puissances (convention consommateur)



## Sources

Confédération, cantons, législation

<http://www.admin.ch>

<http://www.elcom.admin.ch>

<http://www.esti.admin.ch>, <http://www.electrosuisse.ch>

Office fédéral de l'énergie. (27 juin 2007). Ordonnance sur l'approvisionnement en électricité. **Rapport explicatif** relatif au projet soumis à la consultation.

Conseil fédéral. (3 décembre 2004). **Message** relatif à la modification de la loi sur les installations électriques et à la loi sur l'**approvisionnement en électricité**. Objet 04.083.

Conseil fédéral. (14 mars 2008, état le 1<sup>er</sup> janvier 2009). **Ordonnance sur l'approvisionnement en électricité**. RS 734.71.

**Ordonnance sur les installations électriques à basse tension** (OIBT, état le 1<sup>er</sup> décembre 2013)  
[www.admin.ch](http://www.admin.ch)

Assemblée fédérale de la Confédération suisse. (24 juin 1902, état le 1<sup>er</sup> août 2008). Loi fédérale concernant les **installations électriques à faible et à fort courant**. RS 734.0.

Assemblée fédérale de la Confédération suisse. (23 mars 2007, état le 1<sup>er</sup> janvier 2009). **Loi sur l'approvisionnement en électricité**. RS 734.7.

Assemblée fédérale de la Confédération suisse. (2007) Rapport final relatif au message du Conseil Fédéral du 3 décembre 2004 concernant la révision de la loi sur l'électricité et de la loi sur l'approvisionnement en électricité. **Objet 04.083**.  
En ligne (15 février 2010).

DETEC / OFEN: Recommandations et aides à l'exécution pour la mise en œuvre des conditions de raccordement de la production d'électricité selon les art. 7 et 28a LEné

Commission fédérale de l'électricité ElCom: directive 4/2012 Renforcements de réseau

Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI: norme n°233.0710f Photovoltaïque solaire (PV) – Systèmes d'alimentation électrique



Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI: directive n°219.0201 f, Mise en parallèle d'installations autoproductrices (IAP) avec le réseau basse tension

## Branche de l'électricité

VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses  
Recommandation de la branche pour le marché suisse de l'électricité. **Modèle du marché pour l'énergie électrique – Suisse**. Document de base pour la réglementation des aspects centraux de l'organisation du marché suisse de l'électricité, édition 2011.  
<http://www.electricite.ch>

VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses  
Recommandation de la branche pour le marché suisse de l'électricité. **Modèle d'utilisation des réseaux suisses de distribution**. Bases pour l'utilisation du réseau et la rétribution de l'utilisation des réseaux de distribution suisses, édition 2011  
<http://www.electricite.ch>

VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses  
Recommandation de la branche pour le marché suisse de l'électricité. **Distribution Code Suisse**. Règles techniques pour le raccordement, l'exploitation et l'utilisation du réseau de distribution, édition 2014  
<http://www.electricite.ch>

**Transmission Code (CH)**, Recommandation de la branche pour le marché suisse de l'électricité, édition 2013  
<http://www.swissgrid.ch>

VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses  
Recommandation de la branche pour le marché suisse de l'électricité  
**Metering Code Suisse**, Dispositions techniques pour la mesure et la mise à disposition des données de mesure, édition 2015  
<http://www.electricite.ch>

VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses  
Recommandation de la branche pour le marché suisse de l'électricité. **Recommandation Raccordement au réseau pour clients finals NR 3 à NR 7**, édition 2012  
Aide à la transposition Recommandation Raccordement au réseau pour clients finals NR 3 à NR 7, édition 2012  
<http://www.electricite.ch>



VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses  
Recommandation du groupe de travail PDIE Suisse alémanique. **Prescriptions de distributeurs d'électricité**. Conditions techniques de raccordement des gestionnaires de réseau de distribution au réseau de distribution basse tension, édition 2009  
<http://www.electricite.ch>

AES. swissgrid. (2010, V1.0). **Glossaire des règles du marché suisse de l'électricité**. En ligne (1<sup>er</sup> février 2010).  
<http://www.swissgrid.ch>

DACHCZ. **Règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseaux**. Edition 2007 pour la basse tension et la moyenne tension; édition 2012 pour la haute tension.  
<http://www.electricite.ch>

SN EN 50160: **Caractéristiques de la tension dans les réseaux publics de distribution**, édition 2010  
<http://www.electrosuisse.ch>

SN EN 50065-1: **Transmission de signaux sur les réseaux électriques basse tension dans la bande de fréquences de 3 kHz à 148,5 kHz – Partie 1: édition 2011, règles générales, bandes de fréquences et perturbations électromagnétiques**  
<http://www.electrosuisse.ch>

SN EN 50438: **Prescriptions pour le raccordement de micro-générateurs en parallèle avec les réseaux publics de distribution à basse tension**, édition 2013  
<http://www.electrosuisse.ch>

VSE/AES, Association des entreprises électriques suisses  
**Mémento pour l'utilisation de systèmes de protection dans les réseaux électriques**; Annexe pour la Suisse (édition novembre 2011)  
<http://www.electricite.ch>

