

**PRESCRIPTIONS TECHNIQUES SPECIFIQUES POUR
LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION
DECENTRALISEES FONCTIONNANT EN PARALLELE
SUR LE RESEAU DE DISTRIBUTION**

(C10/11- révision 4 juin 2012)

Table des matières

1.	DOMAINE D'APPLICATION.....	4
2.	PROBLÉMATIQUE DU RACCORDEMENT	5
2.1	ACCORD DE RACCORDEMENT	5
2.2	GÉNÉRALITÉS.....	6
2.3	TRANSIT DE PUISSANCE.....	6
2.4	CODE DE RACCORDEMENT.....	6
2.4.1	<i>Spécificité pour le fonctionnement parallèle sur le réseau de distribution à basse tension</i>	<i>7</i>
2.4.2	<i>Spécificité pour le fonctionnement parallèle sur le réseau de distribution à moyenne tension</i>	<i>7</i>
2.5	SITUATIONS N-1 (UNIQUEMENT EN CAS DE RACCORDEMENT AU RÉSEAU À MOYENNE TENSION)	7
2.6	CONTRIBUTION À LA PUISSANCE DE COURT-CIRCUIT	7
2.7	TRANSFORMATEUR (DANS LE CAS D'UN RACCORDEMENT AU RÉSEAU À MOYENNE TENSION)	8
2.8	PLAN DE TENSION, RÉGLAGE DE LA TENSION, PUISSANCE RÉACTIVE	9
2.9	VARIATIONS DE PUISSANCE.....	9
2.10	RÉGLAGE DE LA FRÉQUENCE	10
2.11	ÎLOTAGE.....	10
2.12	COUPLAGE AVEC LE RÉSEAU	10
2.13	COMPORTEMENT EN CAS DE PERTURBATIONS DE RÉSEAU	10
2.13.1	<i>Tolérance de tension.....</i>	<i>11</i>
2.13.2	<i>Tolérance de fréquence</i>	<i>11</i>
2.13.3	<i>Tolérance envers les creux de tension</i>	<i>13</i>
2.13.4	<i>Très brèves interruptions (suite à des commutations de réseau automatisées).....</i>	<i>14</i>
2.14	FLICKER	14
2.15	HARMONIQUES.....	14
2.16	DÉSÉQUILIBRE (UNIQUEMENT AVEC UN RACCORDEMENT TRIPHASÉ)	14
2.17	BATTERIE DE CONDENSATEURS	15
2.18	SIGNAUX TCC.....	15
2.19	COMBINAISON DE PLUSIEURS GÉNÉRATEURS	15
2.20	COMMUNICATION.....	15
2.21	MESURE DE L'ÉNERGIE.....	16
3.	DISPOSITIF DE COUPURE ET PROTECTIONS	17
3.1	SCHÉMA DE PRINCIPE	17
3.2	DISPOSITIF DE COUPURE	17
3.3	RELAIS DE PROTECTIONS	18
3.3.1	<i>Généralités</i>	<i>18</i>
3.3.2	<i>Protection générale en cas de défaut interne</i>	<i>18</i>
3.3.3	<i>Protection de découplage</i>	<i>18</i>
3.3.3.1	<i>Installations de production décentralisée en aval d'un raccordement au réseau en moyenne tension</i>	<i>19</i>
3.3.3.2	<i>Installations de production décentralisée en aval d'un raccordement au réseau en basse tension</i>	<i>19</i>
3.3.4	<i>Tableau de synthèse de protection de découplage.....</i>	<i>21</i>

3.3.5	<i>Synchrocheck</i>	21
3.3.6	<i>Détecteur de tension (uniquement pour fonctionnement parallèle dans les réseaux MT)</i>	21
3.3.7	<i>Protection contre l'injection de courant continu (CC)</i>	22
3.3.8	<i>Protection sensible à la direction</i>	22
3.3.9	<i>Protection complémentaire d'une production décentralisée en aval d'un branchement MT</i>	22
3.3.10	<i>Autres schémas de protection</i>	22
4.	PROCEDURE DE MISE EN SERVICE INDUSTRIELLE	23
4.1	PETITE INSTALLATION DE PRODUCTION DÉCENTRALISÉE RACCORDÉE AU RÉSEAU BASSE TENSION PAR UN SYSTÈME AUTOMATIQUE DE SECTIONNEMENT.....	23
4.1.1	<i>Demande préalable</i>	23
4.1.2	<i>Examen de conformité</i>	23
4.1.3	<i>Notification et mise en service</i>	23
4.2	AUTRE INSTALLATION DE PRODUCTION DÉCENTRALISÉE QUE CELLE VISÉE AU §4.1	24
4.2.1	<i>Demande</i>	24
4.2.2	<i>Évaluation de la demande / détermination des prescriptions de raccordement</i>	24
4.2.3	<i>Examens de conformité</i>	24
5.	EXPLOITATION	25
5.1	EXPLOITATION – CODE DE COMMANDE	25
5.2	CONTRÔLE	25
5.3	MODIFICATION OU EXTENSION DE L'INSTALLATION.....	25
5.4	MISE HORS SERVICE DÉFINITIVE	25
ANNEXE 1.	NORMES CONCERNANT LA CEM	26
ANNEXE 2.	PLAN DE TENSION	27
ANNEXE 3.	EXEMPLE INFORMATIF : RACCORDEMENT D'UNE EOLIENNE	29
ANNEXE 4.	SYSTEME DE SECTIONNEMENT AUTOMATIQUE	33

1. Domaine d'application

Ces prescriptions techniques s'appliquent à chaque nouvelle installation de production décentralisée d'énergie électrique qui **fonctionne en parallèle** avec le réseau de distribution publique à basse tension ou à moyenne tension¹.

Concernant l'application de ces prescriptions aux installations de production décentralisée qui étaient déjà en service avant la publication de cette édition des prescriptions techniques, il faut tenir compte des remarques en fin de chapitre

Ces prescriptions ont pour objectif de protéger le bon fonctionnement des réseaux de distribution publics et de promouvoir la sécurité du personnel qui travaille dans ces réseaux.

En guise d'éclaircissement, mais sans s'y limiter, ces prescriptions ont donc trait aux installations :

- Qui sont aménagées en aval d'un raccordement au réseau public à basse tension ou à moyenne tension sans limitation concernant le niveau de tension auquel l'installation elle-même est raccordée (basse tension ou moyenne tension) ;
- Sans limitation en ce qui concerne la durée du fonctionnement parallèle avec le réseau de distribution publique : dans les cas extrêmes, celui-ci peut être permanent ou seulement de très courte durée ;
- Sans limitation de la balance énergétique du raccordement ('prélèvement net du' ou 'fourniture nette au' réseau de distribution publique) ;
- Sans limitation de la nature de l'énergie primaire de l'unité (combustion, hydro, vent, soleil, etc.) ;
- Sans limitation de la technologie utilisée (machines rotatives, transformation statique, ...)
- Qui sont conçues pour la production d'énergie électrique. Des charges renvoyant de l'énergie (comme par exemple des élévateurs ou ponts portiques) sortent du domaine d'application.

Comme son titre l'indique, ce document examine les **prescriptions spécifiques** du **gestionnaire de réseau**. D'autres prescriptions sont évidemment en vigueur mais elles tombent en dehors du sujet des prescriptions sous-jacentes. Quelques exemples :

- Le RGIE ;
- Des documents normatifs, dont :
 - HD 60364-7-712 : "Installations électriques des bâtiments - Partie 7-712 : Règles pour les installations et emplacements spéciaux – Alimentations photovoltaïques solaires (PV)" ;
 - EN 50438: "Prescriptions pour le raccordement de micro-générateurs en parallèle avec les réseaux publics de distribution à basse tension" ;
 - Les normes visées à l'Annexe 1.
- Les prescriptions régionales ;
- Les mesures spécifiques (par ex. protections) qui doivent éventuellement être prises pour le bon fonctionnement ou la protection de l'installation de production décentralisée ou de l'installation où elle est intégrée. Si de telles mesures spécifiques sont en contradiction avec les prescriptions reprises dans le présent document, elles doivent être soumises au gestionnaire de réseau pour approbation ;
- Les prescriptions de Synergrid qui ne sont pas spécifiques à une installation de production décentralisée peuvent être demandées au gestionnaire de réseau de distribution (GRD) ; elles se

¹ Dans le présent document, on entend par 'moyenne tension' la partie de la haute tension avec une tension nominale <30kV.

trouvent sur le site internet de Synergrid. Dans le cadre de ce sujet, les principales prescriptions sont:

- C1/107 « Prescriptions techniques générales pour le raccordement d'un utilisateur au réseau de distribution BT »,
- C2/112 « Prescriptions techniques pour le raccordement au réseau de distribution HT »,
- C10/17 « Prescriptions Power Quality pour les utilisateurs raccordés aux réseaux haute tension »,
- C10/19 « Raccordement des charges perturbatrices en basse tension ».

Remarques : concernant les installations de production décentralisée qui étaient déjà en service avant la publication de cette édition des prescriptions techniques² :

- Il est recommandé, en fonction des possibilités techniques et économiques de l'installation de production, de les conformer aux dispositions de ce document et plus particulièrement celles concernant le comportement en cas de déviation de fréquence (voir §2.13.2 et §3.3.3) ;
- Les présentes prescriptions s'appliquent intégralement aux installations qui font l'objet d'une modification (par exemple extension ou remplacement d'un composant de protection). Cependant, le gestionnaire de réseau peut accorder des dérogations.

2. Problématique du raccordement

2.1 Accord de raccordement

L'installation de production décentralisée ne peut être raccordée au réseau de distribution qu'après accord écrit du gestionnaire du réseau. Cet accord est également nécessaire au cas où le producteur décentralisé envisage une modification de son installation de production, notamment s'il modifie la puissance de l'installation concernée.

Une exception à cette procédure de demande/autorisation est prévue pour les petites installations de production décentralisée. Pour ces petites installations, il est important de noter qu'il est pas nécessaire d'introduire une demande de raccordement mais qu'une notification est obligatoire avant de pouvoir mettre en service l'installation de production décentralisée (voir aussi §4 '**Procédure de mise en service industrielle**').

Cette exception n'est accordée que pour les petites installations, i.e. lorsque les conditions suivantes sont remplies :

- La puissance individuelle de chaque installation de production raccordée est ≤ 5 kVA ;
- Pour un raccordement monophasé au réseau de distribution publique, la puissance totale des installations de production raccordées au point de raccordement reste ≤ 5 kVA ;
- Pour un raccordement multi-phases au réseau de distribution publique, la puissance totale des installations de production raccordées au point de raccordement reste ≤ 10 kVA. En outre, le déséquilibre³ de production entre phases doit rester à tout moment ≤ 20 A ;
- L'installation de production est équipée d'un système de sectionnement automatique (voir §3.2. '**Dispositif de coupure**').

Ces limites (en particulier la limite de 5 kVA) pourraient être revues après le 31 décembre 2009 après acceptation par les autorités de régulation.

² La conformité de l'installation à une édition précédente du présent document doit avoir été formellement reconnue par le GRD.

³ Différence de courant produit entre la phase avec la production la plus élevée et la phase avec la production la plus basse

En terme de puissance de raccordement quand on mentionne une puissance (ex. 10kVA,...), on fait référence à la valeur maximale AC ; ainsi pour un onduleur, il s'agit de la puissance maximale AC.

2.2 Généralités

La demande de raccordement d'une installation de production décentralisée (voir § 4 « Procédure de mise en service industrielle ») est évaluée par le GRD sur la base des caractéristiques techniques de l'installation de production décentralisée (par exemple la puissance), de la puissance de raccordement (existante ou demandée) et des caractéristiques du réseau⁴ sur lequel l'installation de production décentralisée fonctionnera en parallèle. Chaque demande sera étudiée séparément et en fonction des circonstances concrètes.

En cas d'acceptation, le gestionnaire du réseau détermine sur la base de ces critères les exigences pour le fonctionnement parallèle de l'installation de production décentralisée avec le réseau de distribution. Il y a plus d'informations à ce sujet au §4.2.2 « **Évaluation de la demande / détermination des prescriptions de raccordement** ».

L'évaluation peut éventuellement aussi entraîner la prescription de raccorder l'installation à un autre réseau (réseau de distribution ou réseau de transport).

Les paragraphes suivants illustrent les différents éléments dont il faut tenir compte lorsqu'il est envisagé de raccorder une installation de production décentralisée. L'impact financier de la demande, du raccordement et de l'exploitation d'une installation de production décentralisée ne relève pas de ces prescriptions techniques. Il est renvoyé à cet égard à la réglementation régionale.

2.3 Transit de puissance

Le transit (d'une partie) de la puissance produite via le réseau de distribution peut uniquement être réalisé si les conditions suivantes, entre autres, sont remplies :

- la capacité des éléments du réseau de distribution ne doit pas être dépassée ;
- la puissance des transformateurs vers le niveau de tension supérieur (réseau de distribution ou de transport) ne doit pas être dépassée ;
- l'augmentation attendue de la tension sur les autres points de raccordement ne doit pas compromettre l'exploitation correcte du réseau de distribution publique (voir également §2.8 « **Plan de tension, réglage de la tension, puissance réactive** »).

Le GRD prescrit en tenant compte des dispositions réglementaires propres à chaque Région le point de raccordement en fonction de la puissance de raccordement sur la base de ces conditions et des considérations sous §2.2 '**Généralités**'. La puissance de raccordement est généralement choisie sur la base du transit de puissance maximum imaginable au point de raccordement (la plus grande de ces deux puissances : la puissance fournie maximum et la puissance prélevée maximum).

2.4 Code de raccordement

- Les prescriptions de base concernant le mode de raccordement d'une installation de production décentralisée sont :
 - >5 kVA : doit en principe être raccordée sur plusieurs phases ; le déséquilibre entre phases doit toujours être limité à 20 A⁵ au maximum ;

⁴ Outre les caractéristiques techniques du réseau, entre autres, la présence éventuelle d'autres installations de production fait aussi partie des caractéristiques du réseau. Comme conséquence logique, l'évaluation d'une demande qui comprend plusieurs installations de production (concernant différents points de raccordement ou non) sera approchée tant d'un point de vue individuel que commun.

⁵ Les GRD qui souhaitent éventuellement offrir la possibilité, moyennant leur accord préalable, d'autoriser sur un raccordement monophasé des injections monophasées de plus de 5 kVA, en informent les utilisateurs du réseau via leur site Internet.

- ≤ 5 kVA : le raccordement peut être mono- ou triphasé (période d'évaluation en 2009 – voir §2.1).
- Pour les installations de production décentralisées raccordées en triphasé, le gestionnaire de l'installation de production décentralisée doit s'informer auprès du gestionnaire du réseau sur la direction du champ tournant. Après l'installation, les bornes de raccordement doivent présenter la succession des phases au moyen d'un marquage uniforme.
- Il est interdit de mettre à la terre l'éventuel conducteur neutre du générateur. Le conducteur neutre du générateur peut uniquement être mis à la terre si une séparation galvanique avec le réseau de distribution publique est assurée au moyen d'un transformateur.

2.4.1 Spécificité pour le fonctionnement parallèle sur le réseau de distribution à basse tension

Les installations de production décentralisées qui sont raccordées dans un réseau à basse tension sur un réseau de distribution du type 3 x 230 V (avec ou sans conducteur neutre), doivent pouvoir être commutées pour un raccordement à un réseau de distribution du type 3 N 400 V (avec conducteur neutre).

2.4.2 Spécificité pour le fonctionnement parallèle sur le réseau de distribution à moyenne tension

Si le gestionnaire de l'installation de production décentralisée opte pour un raccordement direct sans transformateur (voir également §2.7 « **Transformateur** »), les exigences suivantes sont en vigueur :

- Les caractéristiques d'isolation et les caractéristiques électriques sont équivalentes à celles d'un transformateur à moyenne tension qui est placé normalement sur ce réseau ;
- Prêter attention à l'effet du courant d'un défaut à la terre qui est fourni par le réseau à moyenne tension en cas de défaut de mise à la terre du générateur.

2.5 Situations n-1⁶ (uniquement en cas de raccordement au réseau à moyenne tension)

Dans une situation n-1 du réseau, la puissance totale des installations de production décentralisées ne peut pas dépasser la puissance maximale admissible des transformateurs HT/MT. En matière de puissance, d'autres contraintes peuvent être liées au dimensionnement du réseau en amont de ces transformateurs.

Les prescriptions de raccordement peuvent donc stipuler en tenant compte des réglementations spécifiques à chaque Région que l'installation de production décentralisée ne peut pas fonctionner dans une ou plusieurs situations n-1 du réseau (ou seulement avec une puissance limitée). Dans un tel cas, les exigences d'exploitation qui y ont trait sont déterminées en concertation entre autres quant à la télésignalisation, la télémessure et/ou la télécommande et sont décrites dans le contrat de raccordement.

2.6 Contribution à la puissance de court-circuit

La puissance de court-circuit ajoutée par l'installation de production décentralisée au point de raccordement, cumulée à la valeur de la puissance de court-circuit du réseau, doit être compatible avec les capacités réelles du matériel placé dans le réseau.

Afin d'évaluer cette compatibilité et de déterminer si l'installation peut être raccordée ou non et sous quelles conditions, le gestionnaire de réseau prendra en compte les éléments suivants :

⁶ La situation n représente la situation du réseau de distribution public sans éléments défectueux, la situation n-1 présente la situation du réseau avec 1 élément défectueux.

- La puissance de court-circuit qui est ajoutée par l'installation de production (ou plusieurs installation de production faisant partie d'un projet) doit être restreinte et limitée à :
 - 500% de S_n pour un projet avec $S_n \leq 1$ MVA
 - 400% de S_n pour un projet avec $1 \text{ MVA} < S_n \leq 4 \text{ MVA}$
 - 300% de S_n pour un projet avec $4 \text{ MVA} < S_n \leq 10 \text{ MVA}$
 - 150% de S_n pour un projet avec $10 \text{ MVA} < S_n$ S_n étant la puissance nominale apparente de l'ensemble du projet.

L'évaluation de la demande de raccordement peut donc entraîner l'obligation de placer un transformateur entre le générateur et le réseau de distribution (voir également §2.7 "Transformateur").

Remarque : pour les machines synchrones cette évaluation repose sur le calcul de l'impédance de court-circuit résultante calculée sur base de l'impédance transitoire $X'd$ du générateur et de la tension de court-circuit du transformateur (éventuel).

Exemple: supposons un générateur de $S_n=2$ MVA en $X'd=20\%$

a) raccordement direct : $S_n/X'd=500\%S_n$
 Conclusion: $500\% S_n > 400\% S_n \Rightarrow$ Pas OK

b) via transformateur avec $X_{tfo}=10\%$: $S_n/(X'd+X_{tfo})=333\%S_n$
 Conclusion: $333\% S_n \leq 400\% S_n \Rightarrow$ OK

Pour information : Exemple de calcul de l'impédance transitoire $X'd$ résultante avec plusieurs générateurs.

Supposons deux générateurs avec une puissance respective S_1 et S_2 et une impédance transitoire respective $X'd_1$ et $X'd_2$.

$$X'd \text{ résultante (p.e.)} = X'd_1 \cdot X'd_2 \cdot (S_1 + S_2) / (X'd_1 \cdot S_2 + X'd_2 \cdot S_1)$$

- L'ajout de puissance de court-circuit de l'installation de production décentralisée devra être inférieur à la marge⁷ disponible sur le réseau à moyenne tension (qu'elle soit synchrone, asynchrone ou raccordée via électronique de puissance).
 Le raccordement de l'installation de production décentralisée peut donc requérir des renforcements de réseau.

2.7 Transformateur (dans le cas d'un raccordement au réseau à moyenne tension)

Comme décrit sous § 2.6 « **Contribution à la puissance de court-circuit** », l'évaluation du raccordement peut entraîner l'obligation de placer un transformateur entre le générateur et le réseau de distribution. Il peut cependant y avoir d'autres raisons d'opter pour un transformateur.

En cas d'utilisation d'un transformateur, celui-ci peut remplir une fonction quintuple :

- La limitation de la puissance de court-circuit ajoutée (voir ci-dessus) ;
- La transformation adéquate de la plage de tension sur le réseau à moyenne tension (de $U_c-10\%$ à $U_c+10\%$) à la plage de tension du générateur, par le biais d'une transformation avec au moins 3 positions (-5% , 0% , $+5\%$) ;
- Amortissement du côté réseau comme du côté générateur lors du couplage, de courants dynamiques ou de courants de défaut ;
- Séparation des systèmes de mise à la terre de façon à ce que les courants de défaut à la terre dans le réseau à moyenne tension ne passent pas dans le générateur ;

⁷ Cette marge étant le surplus des capacités réelles du matériel placé dans le réseau par rapport à la puissance de court-circuit existante.

- Empêchement d'injecter un courant continu (par exemple en cas de défaillance de l'onduleur).

Lors de la mise sous tension du transformateur, il faut également veiller à ce que le courant d'enclenchement reste limité, et ce tant pour ne pas mettre en danger la sélectivité lors de courants de défaut que pour limiter les perturbations du réseau. Pour cela :

- La magnétisation du transformateur doit se faire afin que le courant d'enclenchement reste limité (magnétisation par le générateur, magnétisation via une résistance additionnelle,..) ;
- Pour les grands transformateurs, le courant d'enclenchement doit être limité à 100% I_{nom} (pour chaque période du sinus, y compris le premier). Cette exigence est en vigueur dès :
 - 2600 kVA pour les transformateurs raccordés au réseau MT ;
 - 4600 kVA pour les transformateurs raccordés au poste transfo HT/MT via un départ MT;
- Si plusieurs transformateurs sont présents, le gestionnaire du réseau de distribution peut imposer qu'ils ne puissent être enclenchés que séquentiellement. Ces exigences sont alors reprises dans les conditions d'exploitation spéciales. (voir également §2.19 « **Combinaison de plusieurs générateurs** »).

2.8 Plan de tension, réglage de la tension, puissance réactive

Le plan de tension doit pouvoir être respecté dans les limites d'exploitation préétablies avec ou sans la présence de l'unité de production décentralisée (voir Annexe 2: « **Plan de tension** »).

Cela signifie également que le facteur de puissance de l'installation de production décentralisée ne doit pas compromettre le fonctionnement normal du réseau. Pour les grandes installations, cela implique que le gestionnaire du réseau de distribution peut même imposer délibérément l'échange d'énergie réactive.

L'exigence de base est la suivante :

- Installations de production décentralisées ≤ 1 MVA : facteur de puissance $> 0,95$;
- Installations de production décentralisées > 1 MVA : l'installation de production doit être techniquement à même d'absorber ou de fournir une puissance réactive avec une valeur numérique située respectivement entre $-0,1$ Pnom et $0,33$ Pnom. Le gestionnaire du réseau détermine le(s) point(s) de fonctionnement requis.

Afin d'intégrer ces points de fonctionnement dans les tâches opérationnelles du gestionnaire du réseau de distribution, des mesures complémentaires concernant la télésignalisation, la télémessure et la télécommande peuvent être requises, en vue du maintien du plan de tension. La plupart du temps, cela a uniquement trait aux installations avec une puissance $> 2,5$ MVA.

Lors de l'exploitation normale des réseaux de distribution publique, des mises en parallèle sont parfois réalisées par le gestionnaire du réseau de distribution. La présence d'installations de production décentralisées peut compliquer ou même rendre impossible ces mises en parallèle. C'est pourquoi le gestionnaire de l'installation de production décentralisée peut se voir imposer de limiter momentanément la puissance produite et/ou de travailler avec un facteur de puissance approprié. La plupart du temps, cela a uniquement trait aux installations avec une puissance $> 2,5$ MVA.

2.9 Variations de puissance

Pendant le fonctionnement, d'éventuelles variations brusques de puissance ne doivent pas exercer une influence de plus de 3% sur le niveau de tension.

En fonction de la fréquence à laquelle les variations de tension (qui proviennent ou non de plusieurs installations de production décentralisées) se produisent, les écarts de tension doivent

être limités aux valeurs inférieures pour éviter des pannes à d'autres utilisateurs raccordés au même réseau. Ils ne peuvent pas provoquer de flicker dans le réseau de distribution. (Voir aussi l'Annexe 3 informative: « **Exemple informatif : raccordement d'une éolienne** »).

2.10 Réglage de la fréquence

Afin de ne pas accentuer une instabilité en fréquence pouvant conduire à un black out, une installation de production décentralisée doit être capable de modifier son injection en puissance active en fonction de la fréquence du réseau.

En cas de fréquence supérieure à la fréquence nominale, l'installation de production décentralisée doit moduler son injection en puissance active selon les principes décrits aux §2.13.2.1 et §2.13.2.2

2.11 Ilotage

L'ilotage au sein de l'installation de l'utilisateur du réseau est autorisé.

Un ilotage impliquant le réseau de distribution publique (et où le point de raccordement au réseau reste sous tension) n'est pas autorisé. Les protections requises devant éviter une telle situation sont prescrites au §3 « **Dispositif de coupure et protections** ».

2.12 Couplage avec le réseau

Une installation de production décentralisée qui fonctionne déjà en ilotage, peut (à nouveau) être couplée avec le réseau de distribution publique à condition de remplir certaines conditions bien déterminées. Celles-ci ont trait au niveau de tension, à la fréquence et à la différence de phase entre la tension du réseau et la tension à la sortie de l'installation de production décentralisée. Sinon, de graves perturbations peuvent se produire dans le réseau et le matériel peut subir des dégâts (en particulier l'installation de production décentralisée elle-même). Il faut donc appliquer des mesures spécifiques qui excluent un couplage indésirable. (Voir §3.3.5 « **Synchrocheck** »)

La règle générale en vigueur est que pour tout couplage parallèle, la tension, la fréquence et la différence de phase doivent être telles qu'elles ne provoquent pas de variations brusques de tension supérieures à (4 %). Si le couplage parallèle est exécuté plusieurs fois par jour, les variations de tension, qui sont occasionnées par les couplages parallèles, doivent être limitées aux mêmes valeurs que celles décrites au § 2.9. « **Variations de puissance** ».

Les couplages pour lesquels il n'y a pas de synchronisation (comme l'enclenchement des générateurs asynchrones) doivent se faire avec un courant d'échange limité : le niveau de courant doit être limité à 150% Inom (premier sinus) et 120% Inom (sur la base d'une fenêtre de mesure de 200 ms).

En fonction de la construction du réseau interne de l'utilisateur du réseau, la possibilité technique existe éventuellement d'effectuer, en un endroit non prévu dans ce réseau interne, une mise en parallèle avec le réseau de distribution publique. Pour éviter de telles mises en parallèles, des verrouillages seront installés.

2.13 Comportement en cas de perturbations de réseau

La tension sur le réseau de distribution publique n'est pas exempte de perturbations. La réaction de l'installation de production décentralisée à l'égard de ces perturbations comporte non seulement des implications commerciales (perte de production), mais peut également avoir des implications techniques. Voilà pourquoi ce chapitre ne fait pas que fournir des directives mais pose également des exigences. Ce chapitre se limite aux pannes avec le plus grand impact possible et n'a pas pour but de décrire toutes les perturbations pouvant se produire. Vous trouverez plus d'informations sur le niveau de perturbation pouvant se produire dans les réseaux publics dans la norme NBN EN50160.

2.13.1 Tolérance de tension

L'installation de production décentralisée doit techniquement être à même de fonctionner en permanence si la tension à la hauteur du point de raccordement au réseau de distribution publique se trouve dans les limites suivantes : $U \pm 10\%$

où $U = 230\text{V}$ dans les réseaux à basse tension

$U =$ la tension déclarée dans les réseaux à moyenne tension

Remarque : Cette plage de tolérance pourrait être étendue afin de tenir compte respectivement de la baisse de tension et de la hausse de tension possible entre le point de raccordement et l'installation de production.

2.13.2 Tolérance de fréquence

Les plus grandes variations de fréquence qui apparaissent sur le réseau, surgissent suite à un important incident électrique quelque part dans les réseaux européens. Un tel incident peut donner lieu à un grand déséquilibre entre la production et le prélèvement d'énergie dans ces réseaux, avec une variation de fréquence pour conséquence. Afin de donner la possibilité à la partie qui est responsable de la gestion de cet équilibre de travailler de manière efficace, il est exigé que toutes les installations de production décentralisées soient techniquement en état de fonctionner (i) en permanence dans la bande de fréquence 49,0-51,0 Hz et (ii) au moins 30 minutes dans les bandes de fréquence 47,5-49,0 Hz et 51,0-51,5 Hz.

Remarques :

- Les générateurs linéaires, comme ceux intégrés dans un moteur Stirling, ayant une puissance maximale AC de 30 kVA, peuvent déroger aux obligations relatives aux situations de surfréquence, décrites dans ce §2.13.2 (y compris les §2.13.2.1 et §2.13.2.2). Ces générateurs doivent rester connectés au moins jusqu'à la fréquence de 50.2 Hz. Au-delà, ils peuvent se déconnecter du réseau dès que leur fréquence maximale de fonctionnement est atteinte, mais au plus tard lorsque la fréquence atteint ou dépasse 51,5 Hz.
- Pour les installations de production décentralisée > 1 MVA mises en service avant le 12/05/2009 l'entièreté de la bande de fréquence n'est pas requise jusqu'au remplacement du générateur ou du convertisseur.
- Pour les installations de production décentralisée ≤ 1 MVA qui sont mises en service avant le 1/07/2012 l'entièreté de la bande de fréquence n'est pas requise jusqu'au remplacement du générateur ou du convertisseur mais il est recommandé, dans la mesure où c'est techniquement faisable et économiquement raisonnable, que l'installation de production décentralisée ne soit pas découplée tant que la fréquence ne dépasse pas les réglages de la fonction de surveillance de la fréquence dans l'appareil de découplage (voir le § 3 « Dispositif de coupure et protections »).
- Cette exigence peut dans certains cas être plus vaste que les réglages de la fonction de surveillance de la fréquence dans l'appareil de découplage (voir §3.3.3 « **Protection de découplage** ») étant donné que ceux-ci peuvent éventuellement être modifiés au cours du temps.

Pour toutes les installations de production décentralisée, en plus d'être en état de fonctionner en permanence dans la bande de fréquence indiquée, l'injection de la puissance active en fonction de la fréquence doit être modulée comme décrit aux paragraphes 2.13.2.1 et 2.13.2.2.

Une dérogation individuelle aux §2.13.2.1 et/ou §2.13.2.2 peut être demandée par l'utilisateur de réseau au GRD concerné. Cette demande est effectuée par écrit et précise en particulier les raisons techniques qui motivent cette demande.

2.13.2.1 INJECTION DE PUISSANCE ACTIVE EN CAS DE SUR-FREQUENCE

Remarque : Les capacités de modulation décrites dans cette section §2.13.2.1 ne sont pas obligatoires pour les installations de production décentralisée qui sont mises en service avant le 1/1/2013, jusqu'au remplacement du générateur ou du convertisseur.

Pour des fréquences entre 50,2 Hz et 51,5 Hz, l'installation de production décentralisée doit moduler instantanément la puissance active produite selon un gradient de 40 % P_M par Hertz (voir Figure 1). La valeur P_M est la puissance produite au moment où la fréquence dépasse la valeur de 50,2 Hz.

Par conséquent, l'installation de production décentralisée va continuellement diminuer ou augmenter son injection de puissance selon la caractéristique en fréquence de la Figure 1 ci-dessous dans la plage de fréquence entre 50,2 Hz et 51,5 Hz, endéans la puissance disponible.

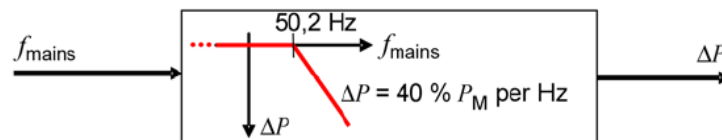


Figure 1: Réduction de la puissance active en cas de sur-fréquence.

Pour $50,2 \text{ Hz} \leq f_{\text{mains}} \leq 51,5 \text{ Hz}$:

- si $P_{A_{\text{max}}} \leq (P_M - \Delta P)$ alors $P = P_{A_{\text{max}}}$
- si $P_{A_{\text{max}}} > (P_M - \Delta P)$ alors $P = P_M - \Delta P$

avec $\Delta P = 0,4 \cdot P_M \cdot (f_{\text{mains}} - 50,2)$

et où:

- P_M est la puissance active produite au moment où la fréquence dépasse 50,2 Hz ;
- $P_{A_{\text{max}}}$ est la puissance maximale que l'installation de production décentralisée pourrait injecter à ce moment ($P_{A_{\text{max}}} \leq P_{\text{max}}$);
- ΔP est la réduction de puissance active ;
- f_{mains} est la fréquence du réseau.

Exemple : Une installation de production décentralisée photovoltaïque avec une puissance maximale de 10 kVA produit 5 kVA (= P_M) au moment où la fréquence dépasse 50,2 Hz. Tant que la fréquence reste supérieure à 50,2 Hz et inférieure à 51,5 Hz, l'installation doit rester connectée mais sa production doit être modulée.

Ainsi à 51,2 Hz (= f_{mains}) par exemple, la production doit être limitée à 3 kVA :

$$P_M = 5 \text{ kVA}$$

$$\Delta P = 0,4 \cdot 5 \text{ kVA} \cdot (51,2 \text{ Hz} - 50,2 \text{ Hz}) = 2 \text{ kVA}$$

$$P = P_M - \Delta P = 3 \text{ kVA}$$

Si, en fonction des conditions d'ensoleillement, l'installation peut entretemps produire 6 kVA (= $P_{A_{\text{max}}}$), la puissance active injectée doit toutefois rester limitée à 3 kVA :

$$P_{A_{\text{max}}} > 3 \text{ kVA} \text{ donc } P = 3 \text{ kVA}$$

Si, à cause d'une période avec peu de soleil, l'installation n'est capable d'injecter que 1,5 kVA, alors cette puissance doit intégralement être injectée pour autant qu'elle reste inférieure ou égale à 3 kVA :

$$P_{A_{\text{max}}} < 3 \text{ kVA} \text{ alors } P = P_{A_{\text{max}}} = 1,5 \text{ kVA.}$$

Si à un moment la fréquence rediminue jusqu'à une valeur inférieure à 50,2 Hz et que la production possible $P_{A_{\text{max}}}$ de l'installation décentralisée est supérieure à cet instant à P_M (valeur figée), alors l'augmentation de puissance injectée dans le réseau ne peut dépasser un gradient de 10 % de $P_{A_{\text{max}}}$ par minute.

Il n'y a pas de restrictions dans la plage $47,5 \text{ Hz} \leq f_{\text{mains}} \leq 50,2 \text{ Hz}$, sauf après une déconnexion (voir §2.13.2.2).

A une fréquence du réseau < 47,5 Hz ou > 51,5 Hz, l'installation de production décentralisée doit se déconnecter du réseau immédiatement (voir notamment §3.3.3).

2.13.2.2 CONDITIONS DE RECONNEXION APRES DECLENCHEMENT PAR SUR-FREQUENCE

Remarque : Les capacités décrites dans cette section §2.13.2.2 ne sont pas obligatoires pour les installations de production décentralisée qui sont mises en service avant le 1/1/2013, jusqu'au remplacement du générateur ou du convertisseur. Toutefois, pour les installations décentralisées raccordées en basse tension avant le 1/1/2013, en aucun cas la reconnexion n'est autorisée à une fréquence supérieure à 50,5 Hz.

Après déclenchement suite à une sur-fréquence, l'installation de production décentralisée ne peut se reconnecter au réseau que si la fréquence du réseau reste dans la plage : **47,5 Hz – 50,05 Hz pendant 60 secondes** au moins.

Lors de la reconnexion au réseau, l'injection dans le réseau de la puissance active de l'installation de production décentralisée ne peut dépasser un gradient de 10 % par minute de la puissance maximale P_{Amax} . Il s'en suit qu'il n'est autorisé d'injecter P_{Amax} qu'après 10 minutes.

2.13.3 Tolérance envers les creux de tension

De brefs creux de tension surgissent, essentiellement suite à des courts-circuits électriques.

En fonction de l'endroit d'un tel court-circuit, les conséquences de l'incident peuvent se faire sentir dans une région géographique, grande ou non (par exemple une grande région suite à un court-circuit dans le réseau de transport). L'impact n'est toutefois pas partout aussi grave.

Pour garantir la stabilité des réseaux publics (bon équilibre entre la production et le prélèvement), des exigences relatives à la tolérance sont imposées aux installations de production >1 MVA pour les perturbations avec une amplitude limitée. Ces installations doivent être techniquement à même de pallier les variations de tension suivantes⁸ :

- 85% de tension résiduelle pendant 1,5 s
- 70% de tension résiduelle pendant 0.2 s

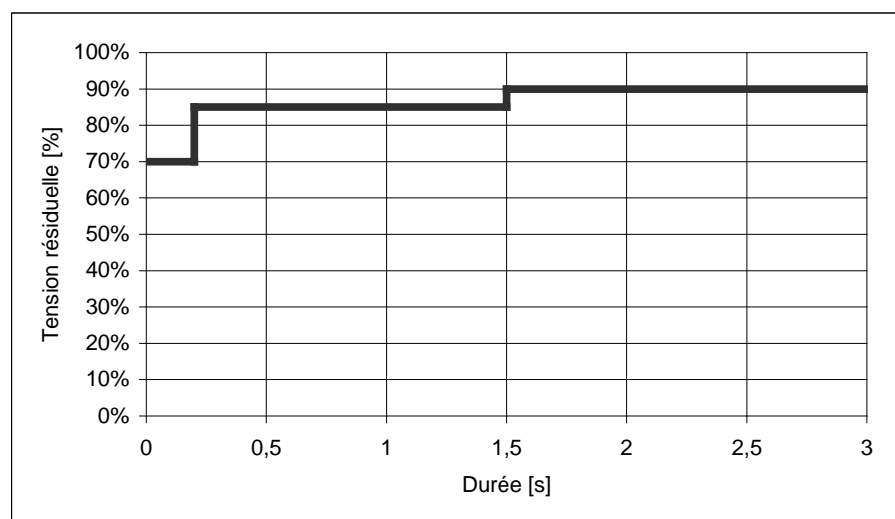


Figure 2-1 : Exigence relative à la tolérance envers les creux de tension – présentation graphique

⁸ Ces installations pourraient donc décrocher en cas de creux de tension plus conséquent

Remarque : Cette exigence peut dans certains cas être plus vaste que les réglages de la fonction de surveillance de la tension dans l'appareil de découplage (voir §3.3.3 « **Protection de découplage** ») étant donné que ceux-ci peuvent éventuellement être modifiés au cours du temps.

L'exploitant de l'installation de production décentralisée doit tenir compte du fait que le §3 « **Dispositif de coupure et protections** » ne contient que les exigences qui sont posées par le gestionnaire du réseau de distribution. Il est également signalé qu'avec un relais de tension minimum à retardement, l'installation de production décentralisée peut éventuellement perdre le synchronisme lors de creux de tension avec une grande chute de tension. Pour éviter une situation non synchrone à la fin du creux de tension, l'exploitant peut placer un relais de tension minimum supplémentaire (par ex. à 30%).

2.13.4 Très brèves interruptions (suite à des commutations de réseau automatisées)

Afin de limiter le plus possible la durée des interruptions dans le réseau et donc de garantir au mieux la continuité, des commutations rapides sont exécutées dans le réseau de façon automatisée. Des exemples sont un 'transfert rapide'⁹ et un 'réenclenchement automatique'¹⁰.

De telles commutations font qu'une partie du réseau est découplée pendant une très brève période du réseau en amont, ce qui mène, en présence d'une production décentralisée, à une forme transitoire d'ilôtage. Tant pour garantir le bon fonctionnement de telles commutations automatisées que pour limiter le risque de dégâts (essentiellement à l'installation de production mais également au réseau), des exigences complémentaires peuvent être imposées concernant les protections. Ces exigences sont reprises au §3 « **Dispositif de coupure et protections** ».

Les commutations visées à ce paragraphe peuvent être considérées comme 'particulières' (mais pas comme 'exceptionnelles'). Leur apparition dépend de la topologie et du mode d'exploitation du réseau.

L'exploitant de l'installation de production décentralisée peut recueillir des informations auprès du gestionnaire du réseau de distribution sur l'apparition ou non de telles brèves interruptions prévues à son point de raccordement.

2.14 **Flicker**

Les éoliennes étant actionnées par une puissance essentiellement variable, elles forment en générale une charge fluctuante et sont dès lors susceptibles de provoquer des variations de tension et principalement le phénomène de flicker.
(Voir également les Prescriptions techniques électricité C10/17 et C10/19 de Synergrid).

2.15 **Harmoniques**

Le niveau des harmoniques et des interharmoniques qui sont générées par l'installation de production décentralisée ne doit pas provoquer de perturbations dans le réseau de distribution.
(Voir également les Prescriptions techniques électricité C10/17 et C10/19 de Synergrid).

2.16 **Déséquilibre (uniquement avec un raccordement triphasé)**

L'installation de production doit être conçue de façon qu'il n'y ait pas de déséquilibre intentionnel entre les puissances produites aux différentes phases.

⁹ Dans l'alimentation de certains réseaux de distribution publique, il est fait usage (à partir du réseau de transport en amont) d'un 'transfert rapide' entre les différents points d'alimentation. A cet effet, l'enclenchement du nouveau point d'alimentation est ralenti un instant par rapport à la coupure de l'ancien point d'alimentation, de sorte qu'une 'interruption de tension' momentanée (situation d'ilôtage) surgit. Ce retardement, qui détermine la durée de l'interruption, est fixé sur une durée allant de 0,3 s à 1,5 s.

¹⁰ Dans les réseaux électriques de transport ou de distribution, une coupure due à un défaut électrique dans un réseau avec des lignes aériennes peut être suivie par un réenclenchement automatique. Les durées de réenclenchement sont fixées sur une durée allant de 0,3 s à 30 s.

(Pour le raccordement au réseau à moyenne tension: voir également les Prescriptions techniques électricité C10/17 de Synergrid).

2.17 Batterie de condensateurs

Si les conditions techniques l'exigent, le gestionnaire du réseau peut obliger le producteur décentralisé d'installer des condensateurs. Ces condensateurs doivent être débranchés en même temps que l'unité de production.

2.18 Signaux TCC

Dans les réseaux de distribution il est fait usage d'une télécommande centralisée (TCC) pour commander certaines applications (changement de période tarifaire, éclairage public,...). A cet effet, une fréquence spécifique est superposée sur la tension 50Hz. Les fréquences utilisées sont spécifiques à chaque réseau de distribution.

L'installation de production décentralisée ne doit pas perturber les applications qui fonctionnent sur la base de ces signaux TCC. Cet aspect doit être évalué à partir de 2 points de vue :

- D'une part, l'installation de production décentralisée ne doit pas trop affaiblir le niveau du signal présent ;
- D'autre part, l'installation de production décentralisée ne doit pas donner lieu à un niveau de perturbation trop fort pour ces fréquences et les fréquences voisines.

Dans la pratique, cela signifie que le gestionnaire du réseau déterminera l'effet de la présence de l'installation de production décentralisée, en première instance via la simulation, et ce dans toutes les situations opérationnelles. Le contrôle peut entraîner la décision d'obliger l'exploitant de l'installation de production décentralisée de prendre des mesures complémentaires pour limiter l'influence, comme par exemple la pose d'un filtre de blocage ou d'un filtre actif.

2.19 Combinaison de plusieurs générateurs

- Lors de l'utilisation de plusieurs générateurs sur le même raccordement triphasé au réseau BT, le déséquilibre maximal de courant entre les différentes phases doit rester inférieur à 20 A; ainsi, il faut veiller à une répartition optimale de ces générateurs sur les 3 phases.
- Dans le cas de plusieurs générateurs, le GRD peut imposer qu'elles soient uniquement enclenchées séquentiellement. Ces exigences sont alors reprises dans les conditions d'exploitation particulières.

2.20 Communication

Dans ces prescriptions techniques, il est régulièrement fait allusion à l'exigence possible de télésignaler, de télémessurer et/ou de télécommander l'installation de production décentralisée à la demande du GRD.

L'équipement et les protocoles de communication doivent correspondre au standard utilisé chez le GRD.

Le GRD et les fabricants d'installations électriques visent à utiliser un protocole standardisé. Sauf avis contraire du GRD, la norme internationale IEC 61850 ('Réseaux et systèmes de communication dans les postes) est retenue. Cela implique aussi que les projets >1 MVA¹¹ doivent être équipés d'un module de communication (IED) qui fonctionne avec le protocole IEC 61850. Ce module fournit au moins les éléments suivants :

- Sur toutes les phases, mesures des tensions et des courants au niveau de l'interrupteur principal de l'installation ;
- La mesure instantanée de la puissance active et réactive dans tous les quadrants ;

¹¹ Pendant une période transitoire qui dure jusqu'au 1/1/2010, une limite de 10 MVA est appliquée au lieu de 1 MVA.

- La possibilité de recevoir des configurations ou des consignes qui peuvent modifier un signal de sortie ou un contact de sortie sur l'appareil ;
- Un port de communication pour la communication avec les installations du gestionnaire du réseau de distribution.

2.21 **Mesure de l'énergie**

Ce sujet ne relève pas de cette prescription technique. Vous pouvez recueillir plus d'informations auprès du GRD.

3. Dispositif de coupure et protections

3.1 Schéma de principe

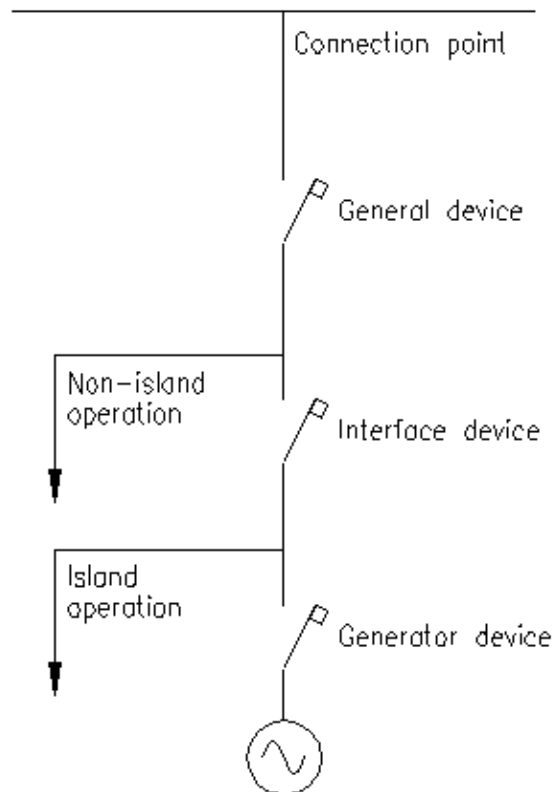


Schéma de principe exemplatif de protections en cascade pour un raccordement d'une unité de production sur le réseau de distribution publique susceptible de fonctionner en îlotage grâce à un « interface device » dans ce cas.

3.2 Dispositif de coupure

Pour les travaux hors tension sur le raccordement ou sur le réseau de distribution publique, l'installation de production décentralisée doit pouvoir être déconnectée (du réseau). Ceci suppose de prévoir un interrupteur de sécurité verrouillable, accessible en permanence au gestionnaire de réseau. (cf. Art 235 du RGIE). Le mécanisme doit fonctionner avec les protections mentionnées ci-après.

Pour les installations de production décentralisées de ≤ 10 kVA, l'interrupteur de sécurité susmentionné peut être remplacé par un système automatique de sectionnement tel que visé à l'Art 235.01 c1) et d) du RGIE. (voir Annexe 4 '**Système de sectionnement automatique**'). L'exigence d'une accessibilité permanente pour le gestionnaire de réseau n'a dès lors plus cours. Ce système automatique de sectionnement remplit également les fonctions de protection de découplage et doit être doté des paramètres conformes aux exigences du réseau de distribution.

Le système de sectionnement automatique doit être installé conformément aux prescriptions du fabricant. Les systèmes de sectionnement automatique conçus pour détecter les situations d'ilotage par surveillance des trois phases ne sont autorisés que si le raccordement de l'installation au réseau de distribution est triphasé.

Afin de garantir son degré de sécurité, la conformité aux directives et aux normes applicables devra être attestée par la présentation de documents probants, et ce au plus tard lors de la notification adressée au GRD et précédant la mise en usage de l'installation.

Pour ses propres besoins, le gestionnaire de l'installation de production décentralisée peut encore ajouter un verrouillage séparé au dispositif de coupure.

3.3 Relais de protections

3.3.1 Généralités

Pour les installations de production décentralisées où, selon les dispositions des présentes prescriptions, on utilise un système automatique de sectionnement (voir §3.2 « **Dispositif de coupure** ») ce dernier remplit la fonction de protection de découplage. Le paragraphe 3.3 ne concerne donc pas les installations de ce type.

Ce paragraphe décrit les fonctions de protection telles qu'exigées par le GRD et ne constitue en aucun cas les exigences de sécurité relatives à l'installation de production décentralisée proprement dite. Le gestionnaire de l'installation de production décentralisée est totalement libre d'intégrer des fonctions de protection supplémentaires pour autant qu'elles soient conformes aux dispositions de ces prescriptions techniques (voir par ex. §2.13.2 « **Tolérance de fréquence** »).

Chaque relais de protection qui remplit une fonction en vue de satisfaire à ces prescriptions techniques doit être d'un type reconnu par Synergrid ; la liste de ces derniers doit être publiée sur le site internet de Synergrid. Ce relais est en outre scellé par le gestionnaire de réseau.

Lorsqu'il est question de coupure instantanée, aucun retard ne peut être ajouté à la durée technique minimale exigée pour exécuter cette coupure. La durée totale pour la coupure ne peut dépasser en aucun cas 0,12 seconde.

Les protections qui font l'objet d'un contrôle (voir §4.2.3 « **Examens de conformité** » et §5.2 « **Contrôle** »), sont soit dotées de bornes de test, soit de type amovible, ce qui permet de tester les différentes fonctions. Les schémas de raccordement de ces protections seront fournis à l'organisme chargé de ce contrôle.

3.3.2 Protection générale en cas de défaut interne

Comme pour tout raccordement au réseau de distribution, les installations doivent être dotées, du côté du raccordement au réseau de distribution, d'un mécanisme pour l'interruption automatique des phases en cas de défaut interne provoquant un dépassement d'une certaine intensité de courant pendant une durée déterminée. Les valeurs du courant et du retard sont indiquées par le GRD.

3.3.3 Protection de découplage

Si la partie du réseau sur laquelle le producteur décentralisé est connecté n'est plus sous tension ou présente des valeurs de tension anormales, le fonctionnement parallèle de l'installation de production décentralisée avec le réseau de distribution publique doit être interrompu le plus rapidement possible. Une protection de découplage doit être installée à cet effet. Celle-ci peut être placée avant ou après le transformateur éventuel de l'installation de production décentralisée.

Cette protection de découplage comprend une combinaison de plusieurs fonctions de protection. En outre, une rupture de câble de relais ou tout problème d'alimentation de secours de la protection de découplage doit toujours donner lieu à un découplage. (principe "failsafe")

Le contrôle de l'application correcte des dispositions ci-après fait partie de l'examen de conformité (voir §4.2.3 « **Examens de conformité** »).

3.3.3.1 INSTALLATIONS DE PRODUCTION DECENTRALISEE EN AVAL D'UN RACCORDEMENT AU RESEAU EN MOYENNE TENSION

L'ensemble du relais de protection de couplage remplit les fonctions suivantes :

- Fréquence minimum/maximum : une coupure instantanée et automatique dès que la fréquence dépasse les valeurs limites réglées sur 47,5 et 51,5Hz; le GRD peut imposer des réglages en fréquence particuliers (entre 47,5 et 51,5 Hz), si cela se justifie pour des raisons de sécurité
- Tension maximale (triphasee) : une coupure instantanée et automatique dès qu'une tension dépasse la valeur limite déterminée; la valeur limite est déterminée par le gestionnaire de réseau et est en principe inférieure ou égale à 110 % de la tension nominale ;
- Tension minimale supérieure (triphasee): une coupure retardée (jusqu'à 1,5 seconde) en cas de chute de tension sous la valeur limite réglée entre 50% et 85% de la tension nominale. Le gestionnaire de réseau détermine le temps de retard et la valeur limite à introduire ;
- Tension minimale inférieure (triphasee) : une coupure instantanée et automatique dès qu'une tension descend sous la valeur limite réglée entre 25% et 50% de la tension nominale. Le gestionnaire de réseau détermine la valeur limite à introduire ;
- Tension homopolaire : une coupure retardée en cas de détection d'une tension homopolaire. Le GRD détermine le temps de retard et la valeur limite à introduire. Le temps de retard est choisi un peu plus long que la durée nominale nécessaire pour éliminer les erreurs de mise à la terre du réseau de distribution ;
- Si le gestionnaire de réseau est en outre d'avis que la puissance de production est faible¹² par rapport à celle du réseau sur lequel l'installation de production décentralisée est connectée, le gestionnaire de réseau peut déterminer que cette fonction est facultative ;
- Coupure en cas de formation d'îlot impliquant une partie du réseau de distribution : cette fonction est considérée comme remplie si l'une des fonctions suivantes est mise en oeuvre:
 - Saut de vecteur : coupure (instantanée ou retardée) en cas de détection d'un saut de vecteur dépassant la valeur seuil de 7°. Cette fonction peut être désactivée lorsque les tensions des 3 phases sont inférieures à 80% pour éviter des coupures indésirables en cas de creux de tension ;
 - df/dt : coupure (instantanée ou retardée) pour une dérive de 1 Hz/s. Ce critère peut être insensibilisé si la variation de fréquence est inférieure à 0,2 Hz et temporisé à 0,1 s pour éviter les déclenchements intempestifs lors d'oscillations de la génératrice.

3.3.3.2 INSTALLATIONS DE PRODUCTION DECENTRALISEE EN AVAL D'UN RACCORDEMENT AU RESEAU EN BASSE TENSION

L'ensemble du relais de protection de couplage remplit les fonctions suivantes :

3.3.3.2.1. Cas général

- Fréquence minimum/maximum : une coupure instantanée et automatique dès que la fréquence dépasse les valeurs limites réglées sur 47,5 Hz et 51,5 Hz; le GRD peut imposer des réglages en fréquence particuliers (entre 47,5 et 51,5 Hz), si cela se justifie pour des raisons de sécurité

¹² La puissance de production (compte tenu de toutes les puissances de production installées) est faible par rapport au réseau lorsqu'elle est inférieure à la moitié de la puissance maximale qui peut former un îlot suite à l'ouverture d'un disjoncteur sur le réseau.

- Tension maximale (monophasée ou triphasée selon le raccordement du générateur) : une coupure instantanée et automatique dès qu'une tension dépasse la valeur limite déterminée; la valeur limite est déterminée par le gestionnaire de réseau et est en principe inférieure à 110% de la tension nominale ;
- Tension minimale supérieure (monophasée ou triphasée selon le raccordement du générateur) : une coupure retardée (jusqu'à 1,5 seconde) en cas de chute de tension sous la valeur limite réglée entre 50% et 85% de la tension nominale. Le gestionnaire de réseau détermine le temps de retard et la valeur limite à introduire ;
- Tension minimale inférieure (monophasée ou triphasée selon le raccordement du générateur) : une coupure instantanée et automatique dès qu'une tension descend sous la valeur limite réglée entre 25% et 50% de la tension nominale ;
- Coupure en cas de formation d'îlot impliquant une partie du réseau de distribution : cette fonction est considérée comme remplie si l'une des fonctions suivantes est mise en oeuvre:
 - Saut de vecteur : coupure (instantanée ou retardée) en cas de détection d'un saut de vecteur dépassant la valeur seuil de 7°. Cette fonction peut être désactivée lorsque toutes les tensions sur le raccordement sont inférieures à 80% pour éviter des coupures indésirables en cas de creux de tension ;
 - df/dt: Coupure instantanée ou retardée en cas de détection d'une dérive de fréquence de 1Hz/s. Pour éviter des coupures indésirables suite à une oscillation du générateur, un temps de retard de 0,1 s peut être réglé et cette fonction peut en outre être désactivée pour des variations de fréquences inférieures à 0,2 Hz ;
- Pour des puissances >10 kVA, la production se découple en cas d'interruption de phase (par exemple par recherche d'asymétrie).

3.3.3.2.2. Puissance ≤ 10 kVA et le générateur n'est techniquement pas en mesure de travailler en îlotage

Pour les puissances ≤ 10 kVA, la protection de découplage peut être simplifiée lorsque le générateur n'est techniquement **pas** en mesure de travailler en îlotage¹³. Dans ce cas, seules les fonctions suivantes sont exigées :

- Tension maximale (monophasée ou triphasée selon le raccordement du générateur) : une coupure instantanée et automatique dès qu'une tension dépasse la valeur limite déterminée;
- Tension minimale (monophasée ou triphasée selon le raccordement du générateur) : une coupure instantanée et automatique dès qu'une tension descend sous la valeur limite déterminée.

Paramétrages : les valeurs des réglages sont identiques à celles définies au §3 de l'annexe 4.

¹³ Un générateur n'est pas techniquement en mesure de travailler en îlot lorsqu'il est de type asynchrone sans compensation de l'énergie réactive ou lorsqu'en raison de sa construction, il est dans l'incapacité de fonctionner en îlot.

3.3.4 Tableau de synthèse de protection de découplage

Le tableau ci-dessous indique brièvement à **titre informatif** les différentes possibilités. Une interprétation correcte n'est possible que sur base des paragraphes 3.2 et 3.3 ci-dessus.

Installation de production après dérivation MT							
Cas général	≤10 kVA	fréquence	tension				Détection fonctionnement en îlotage
		47,5 / 51,5 Hz instantané	maximum	minimum supérieur	minimum inférieur	homopolaire U ₀	saut de vecteur ou df/dt
			... 110% instantané	50...85% de 0 à 1,5s	25...50% instantané	retardé	
					voir rem. 1)		
ou Système automatique de sectionnement conforme à RGIE art 235 c1) et d)							

rem 1) Facultatif si puissance faible par rapport au réseau

Installation de production après dérivation BT							
Cas général	≤10kVA et techn non îlotable	fréquence	tension				Détection fonctionnement en îlot
		47,5 / 51,5 Hz instantané	maximum	minimum supérieur	minimum inférieur	présence 3 phases (si >10kVA)	saut de vecteur ou df/dt
			... 110% instantané	50...85% de 0 à 1,5s	25...50% instantané		
			instantané				
ou Système automatique de sectionnement conforme à RGIE art 235 c1) et d)							

3.3.5 Synchrocheck

Un couplage parallèle d'une installation de production décentralisée avec le réseau de distribution publique doit toujours être réalisé à l'aide d'un relais synchrocheck équipé d'un synchronoscope. Ce relais est d'un type reconnu et repris dans la liste disponible sur le site internet Synergrid.

Les valeurs de réglage typiques sont : <5% différence de tension ; <5° différence de phase, durée de 0,5 sec. Exceptionnellement, une autre durée peut être convenue en concertation avec le gestionnaire de réseau. Les autres valeurs de réglage font partie des conditions de raccordement.

Ce relais synchrocheck n'est pas exigé pour les puissances ≤10 kVA.

3.3.6 Détecteur de tension (uniquement pour fonctionnement parallèle dans les réseaux MT)

Malgré la protection de découplage installée, il persiste un certain risque que des situations de formation d'îlot impliquant une partie du réseau public de moyenne tension ne soient pas détectées par la protection. Une partie du réseau public de moyenne tension

pourrait ainsi être maintenu sous tension par l'installation de production, pas nécessairement de façon synchrone avec le reste du réseau public.

Pour que dans une telle situation, aucun couplage ne puisse être établi entre deux parties de réseau, il pourrait être nécessaire de prévoir au niveau du point de couplage¹⁴ un détecteur de tension qui empêche toute activation (éventuellement non-synchrone). Ce mécanisme n'est obligatoire qu'à partir d'un certain niveau de puissance, déterminé par le gestionnaire de réseau en fonction des conditions locales.

3.3.7 Protection contre l'injection de courant continu (CC)

Les onduleurs équipés d'un transformateur ne peuvent pas injecter de courant CC dans le réseau de distribution et n'exigent par conséquent aucune mesure de protection supplémentaire.

Les onduleurs d'une technologie sans transformateur sont également autorisés pour autant qu'ils garantissent ne jamais injecter un courant CC supérieur à 1% de la valeur nominale ou s'ils disposent d'un système de surveillance contre l'injection CC. Ce dernier désactive l'onduleur en moins de 0,2 seconde lorsque le courant CC dépasse la valeur seuil réglée, fixée à 1% du courant nominal.

3.3.8 Protection sensible à la direction

La plupart des contrats de raccordement ne décrivent qu'une seule puissance de raccordement. Dans cette limite de puissance, l'énergie peut être "prélevée" et/ou "fournie" au réseau de distribution. Si le contrat de raccordement décrit également une limite de puissance spécifique quant à la livraison d'énergie au réseau de distribution, une fonction de protection supplémentaire doit être prévue.

La fonction supplémentaire requise assure le découplage immédiat de l'installation de production décentralisée sur le réseau de distribution dès que la puissance "exportée" (sur la base d'une mesure du courant ou de l'énergie) dépasse la valeur de la limite d'exportation spécifiée.

Remarque : Dans le cas particulier d'un "autoproduiteur" pur, cette limite d'exportation est nulle du fait qu'il n'est pas prévu alors de fournir de l'énergie vers le réseau de distribution. Cette limite nulle est bien entendu impossible si l'autoproduiteur d'énergie souhaite échanger avec le réseau, soit par des échanges proportionnels sporadiques dans les deux directions, également appelés "équilibre du zéro", soit par un échange permanent.

3.3.9 Protection complémentaire d'une production décentralisée en aval d'un branchement MT

Pour les installations où la protection de découplage de l'installation de production décentralisée et l'interrupteur ainsi actionné ne sont pas montés dans la cabine à haute tension, le GRD peut imposer des conditions supplémentaires comme par exemple une protection de tension minimum dans cette cabine à haute tension. Le GRD détermine le temps de retard et la valeur limite à introduire.

Remarque : Même si un système de séparation automatique (voir §3.2 « **Dispositif de coupure** ») remplit la fonction de protection de découplage, ces conditions supplémentaires peuvent être imposées.

3.3.10 Autres schémas de protection

Le système de protection proposé est un minimum technique. Dans certaines configurations, des coupures indésirables peuvent se produire. Ces coupures qui n'affectent pas l'aspect de sécurité tel que décrit dans le domaine d'application pourraient cependant entraver l'exploitation. Il pourrait donc être utile soit d'utiliser une protection basée sur un asservissement soit d'ajouter d'autres fonctions à la chaîne de relais prévue

¹⁴ Généralement, il s'agit d'un départ MT d'un poste HT/MT. Il se peut éventuellement que le couplage puisse aussi être réalisé à d'autres endroits du réseau de distribution publique. Dans ce cas, il est nécessaire d'installer le même mécanisme à chaque endroit.

ou d'en modifier quelques-unes. Les variantes sont autorisées dans la mesure où elles remplissent les fonctions du relais qu'elles remplacent.
En pareil cas, le plan de protection est élaboré en concertation avec le GRD.

4. Procédure de mise en service industrielle

Ce chapitre décrit les différentes étapes depuis la demande/notification jusqu'à la mise en service industrielle de l'installation de production décentralisée.

Afin de distinguer clairement cette étape de la livraison de l'installation par l'installateur/fabricant, le terme 'mise en service industrielle' est utilisé. Ce terme désigne l'autorisation de faire fonctionner l'installation en parallèle avec le réseau de distribution.

4.1 Petite installation de production décentralisée raccordée au réseau basse tension par un système automatique de sectionnement

Cette procédure n'est d'application que pour les petites installations de production décentralisée, dont la définition est donnée au §2.1, ainsi que pour les installations couvertes par la note de bas de page 5 en page 6.

Les paragraphes suivants décrivent la procédure de mise en service industrielle d'une petite installation de production décentralisée

- qui fonctionne en parallèle sur le réseau de distribution publique en basse tension ; et
- qui est raccordée par un système de sectionnement automatique.

4.1.1 Demande préalable

Si cela est mentionné sur le site internet du GRD concerné (voir footnote 5 en page 6), en cas de branchement monophasé et si la puissance totale de l'installation > 5 kVA, une demande préalable à l'achat et au placement du matériel doit être introduite auprès du GRD concerné par le candidat producteur afin de savoir s'il peut bénéficier de cette possibilité.

4.1.2 Examen de conformité

Avant de pouvoir être raccordée au réseau, l'installation de production décentralisée doit être soumise à un examen de conformité.

Les installations de production décentralisées raccordées par un système automatique de sectionnement (Voir §3 « **Dispositif de coupure et protections** »), (et qui ont donc une puissance ≤ 10 kVA) sont étudiées quant à leur conformité au Règlement Général des Installations Electriques (RGIE). Ce contrôle est effectué par un organisme agréé à cette fin.

4.1.3 Notification et mise en service.

Avant la mise en service, l'utilisateur de réseau doit signaler par écrit au gestionnaire de réseau qu'une installation de production va être mise en service. Pour chaque installation de production décentralisée, la notification doit au moins être accompagnée des informations demandées dans le formulaire de notification pour une petite centrale de production décentralisée disponible sur le site internet du gestionnaire de réseau.

Le formulaire de notification doit être accompagné des documents suivants :

- Procès-verbal de l'examen de conformité ;
- Schéma unifilaire du raccordement de l'installation de production décentralisée ;
- Les documents nécessaires du fabricant qui prouvent la conformité du système de sectionnement automatique utilisé avec les exigences concernant les essais de type (voir Annexe 4 « **Système de sectionnement automatique** ») ;

- Attestation du fabricant prouvant que les paramètres de réglage du système de sectionnement automatique sont bien conformes aux exigences telles que spécifiées à l'Annexe 4 « **Système de sectionnement automatique** ».
- Déclaration du fabricant attestant que le générateur ou le convertisseur respecte les critères de modulation de la puissance active et de reconnexion décrits aux §§ 2.10 et 2.13

Selon les prescriptions régionales en vigueur, la mise en service peut éventuellement être soumise à un accord écrit du GRD. Le cas échéant, cet accord pourrait être temporairement conditionnel ou limitatif en fonction de circonstances locales affectant le réseau de distribution.

Remarque : Une notification peut engendrer d'autres actions qui dépassent éventuellement le champ d'application du présent document (par exemple concernant la mesure d'énergie. Le cas échéant, l'accord de mise en service éventuel délivré par le GRD portera également sur l'acceptation accordée à l'URD de pouvoir bénéficier de la compensation.

4.2 Autre installation de production décentralisée que celle visée au §4.1

4.2.1 Demande

Pour obtenir une autorisation de fonctionnement parallèle au réseau de distribution publique, une demande doit être introduite par écrit auprès du gestionnaire de réseau pour chaque installation de production décentralisée.

Pour toutes les installations de production décentralisées, la demande doit au moins être accompagnée des informations demandées ci-dessous.

4.2.2 Évaluation de la demande / détermination des prescriptions de raccordement

Le gestionnaire de réseau fait une première évaluation de la demande de raccordement de l'installation de production décentralisée.

En fonction de la nature du projet et du type d'installation de production décentralisée, le gestionnaire de réseau peut demander des informations supplémentaires pour évaluer plus en profondeur la demande.

En cas d'acceptation, le gestionnaire de réseau fournit les prescriptions de raccordement définies par le Règlement technique de Distribution et les conditions particulières d'exploitation imposées par le GRD.

Sur la base des plans qui sont introduits par le demandeur, le gestionnaire de réseau évalue la conformité du projet par rapport aux prescriptions de raccordement. En cas de conformité, le gestionnaire de réseau donnera son accord pour la réalisation du projet.

4.2.3 Examens de conformité

Avant de pouvoir être raccordée au réseau, l'installation de production décentralisée doit être soumise à un examen de conformité. Une évaluation positive implique l'autorisation de raccordement.

L'installation de production décentralisée est soumise aux examens de conformité suivants :

- Examen de la conformité au règlement général des installations électriques (RGIE). Ce contrôle est effectué par un organisme agréé à cette fin ;
- Examen de la conformité aux prescriptions de raccordement du gestionnaire de réseau. Ce contrôle est effectué par le gestionnaire de réseau ou par une partie mandatée par lui dont la liste est reprise dans le site internet de Synergrid. Celle-ci portera notamment sur :
 - le contrôle du schéma de raccordement ;
 - le contrôle de la preuve de conformité avec les §§2.10 et §2.13

- l'accessibilité du dispositif de coupure ;
- le contrôle des rapports de test du relais de découplage. Ces rapports de test doivent indiquer le bon fonctionnement des fonctions de sécurité (réglées conformément aux prescriptions de raccordement) ;
- le contrôle des réglages du relais de découplage ;
- un test fonctionnel vérifiant, par (une simulation de) l'interruption de la tension d'alimentation, si la protection de découplage est activée ;
- le contrôle du système pour le couplage parallèle ;
- ... (autres, concernant les éventuelles conditions d'exploitation spécifiques).

5. Exploitation

5.1 Exploitation – code de commande

L'installation de production décentralisée doit être gérée conformément aux prescriptions techniques spécifiques telles que reprises dans ce document et aux dispositions particulières telles que reprises dans les conditions de raccordement.

5.2 Contrôle

En cas de présomption de non-conformité des installations d'un utilisateur final ou d'anomalies sur le réseau, le GRD a le droit de vérifier ou faire vérifier le bon fonctionnement de l'installation. Ceci peut par exemple avoir lieu par une simulation de coupure de courant. Si un tel contrôle indique que (le fonctionnement de) l'installation de production décentralisée n'est pas conforme à ces prescriptions techniques ou aux conditions de raccordement, les coûts de ce contrôle seront supportés par le gestionnaire de l'installation de production décentralisée.

Si l'examen et/ou les tests montrent qu'une installation ne répond pas aux exigences qui lui sont applicables, le GRD met en demeure l'utilisateur de procéder, dans un délai raisonnable, aux modifications requises.

Si l'utilisateur du réseau de distribution n'a pas effectué les adaptations nécessaires dans le délai imparti, le GRD peut après une ultime mise en demeure, avec copie au régulateur régional si le règlement technique de distribution le prescrit, suspendre le raccordement à la fin du délai fixé dans cette ultime mise en demeure.

5.3 Modification ou extension de l'installation

Toute modification ou extension apportée à l'installation de production décentralisée doit être transmise par écrit, accompagnée de la documentation nécessaire, au GRD.

5.4 Mise hors service définitive

Si une installation de production décentralisée est définitivement mise hors service, ceci doit être notifié par écrit au GRD. Cette notification a lieu dans les 5 jours ouvrables.

Annexe 1. Normes concernant la CEM

En ce qui concerne la compatibilité électromagnétique (CEM), les normes de la série 61000 de la CEI sont en vigueur.

Le tableau ci-dessous présente à titre d'information, les normes concernant les limites d'émission pour les perturbations induites à basse fréquence.

IEC (EN) standards in the field of Electromagnetic Compatibility (EMC) : Limits of emissions		
	Limitation of harmonics	Limitation of voltage fluctuation and flicker
Small equipment of large diffusion ≤ 16 A in LV	EN 61000-3-2 EMC – Part 3: Limits Section 2: Limits for harmonic current emissions (equipment input current up to and including 16 A per phase)	EN 61000-3-3 EMC – Part 3: Limits Section 3: Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection
Equipment > 16 A in LV	IEC/TS 61000-3-4 EMC – Part 3: Limits Section 4: Limitation of emission of harmonic currents in L-V power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A	IEC/TS 61000-3-5 EMC – Part 3: Limits Section 5: Limitation of voltage fluctuations and flicker in L-V power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A
Equipment ≤ 75 A in LV	EN 61000-3-12 EMC – Part 3: Limits Section 12: Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current > 16 A and ≤ 75 A per phase	EN 61000-3-11 EMC – Part 3: Limits Section 11: Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems - Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection
Industrial equipment for MV and HV connection	IEC/TR3 61000-3-6 EMC – Part 3: Limits Section 6: Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems – Basic EMC publication	IEC/TR3 61000-3-7 EMC – Part 3: Limits Section 7: Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems – Basic EMC publication

Annexe 2. Plan de tension

Dans les réseaux MT et BT où il n'y a pas de production décentralisée, la source d'énergie est unique et le transfert d'énergie se fait donc dans une seule direction, de la source vers les utilisateurs. Ceci donne un plan de tension qui atteint une valeur maximale près de la source et diminue à mesure que l'on s'en éloigne. La courbe (1) de la fig. 1 illustre ce phénomène.

Les transformateurs MT/BT ont un rapport de transformation préréglable. Le préréglage est fixe et est choisi pour compenser la chute de tension en MT.

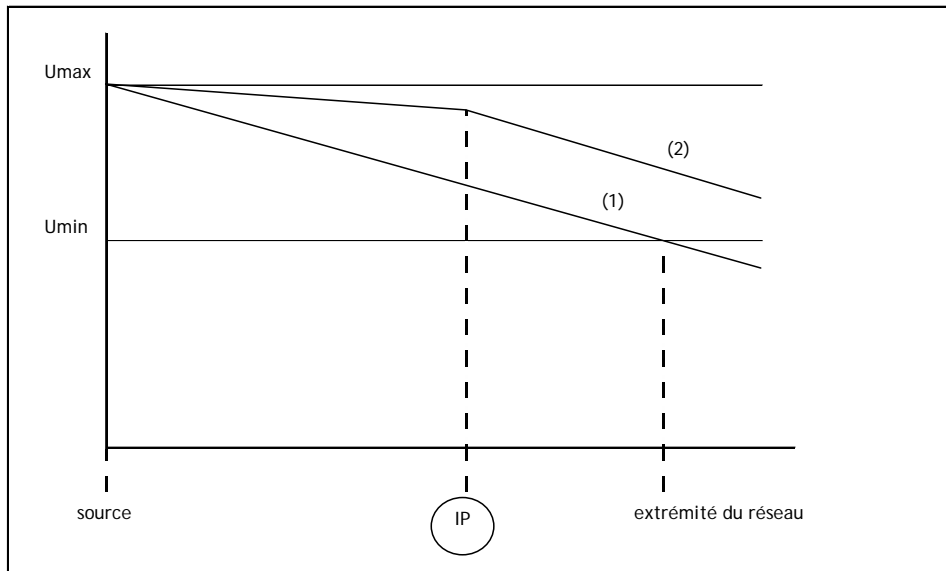


fig 1 : profil de MT avec et sans production décentralisée

Dans cette optique, le gestionnaire de réseau règle la tension à la source, qu'il s'agisse de MT ou de BT, aussi proche que possible de la tension maximale autorisée afin de rester dans les tolérances à l'extrémité du réseau. Si cette méthode n'était pas utilisée, le rayon d'action du réseau serait fortement limité. Près de la source MT, le rapport de transformation des transformateurs MT/BT est augmenté de façon à ne pas dépasser la tension maximale. Par contre, à l'extrémité du réseau MT, le rapport de transformation est réduit de façon à rester au-dessus de la tension minimale. La fig. 2 illustre cette méthode.

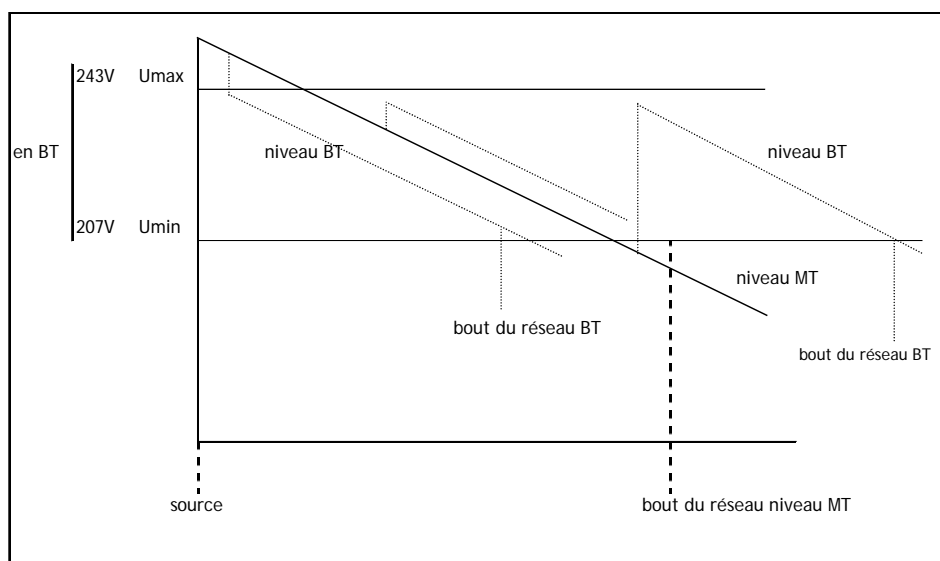


fig. 2 : profil des tensions sans production décentralisée vu à partir de la BT

La présence d'une production décentralisée dans le réseau engendre une augmentation du niveau de tension à l'endroit de l'injection et modifie ainsi le profil de distribution de cette tension. La courbe (2) de la fig. 1 donne un exemple d'augmentation de tension qui engendre un dépassement de la tension maximale autorisée. Ceci est illustré à la fig. 3.

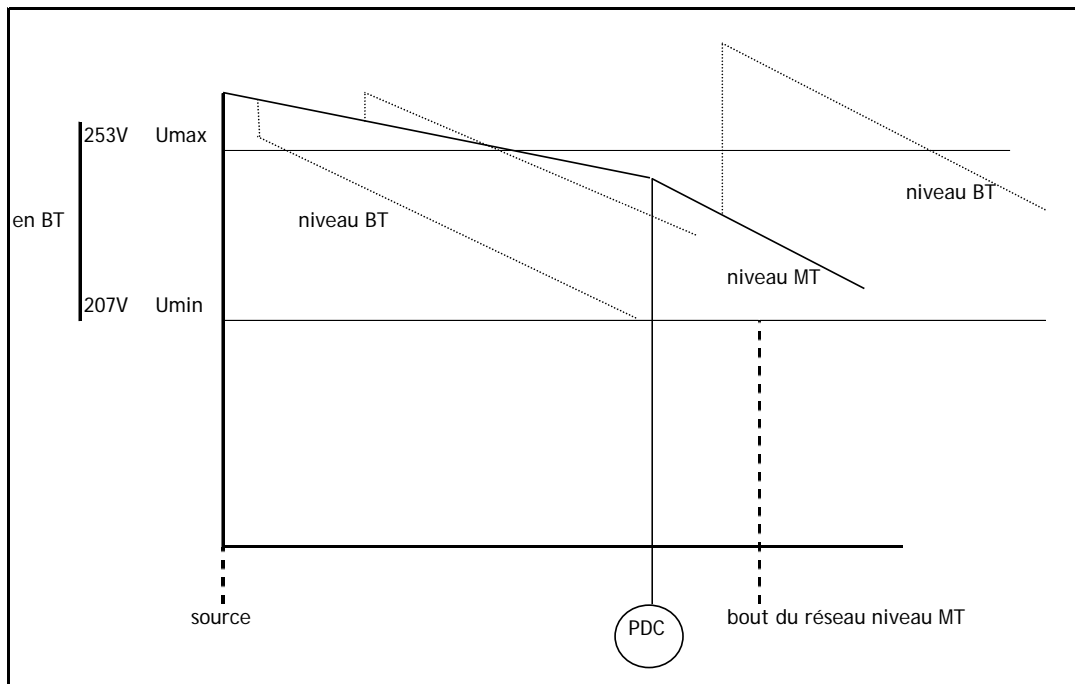


Fig. 3. Profil des tensions en présence de production décentralisée, vu de BT.

Le réglage individuel des transformateurs MT/BT n'est pas adaptable automatiquement. Il est déterminé lors de l'installation du transformateur et n'est pas modifié en fonction de la présence d'une production décentralisée.

Le §2 de ces prescriptions stipule que le raccordement au réseau doit être exécuté en tenant compte du plan de tension.

Il existe donc trois types de solutions pour lutter contre les surtensions :

- le renforcement du réseau
- le réglage de la tension fournie
- la limitation par la protection de découplage

Si la variation du plan de tension, avec ou sans production décentralisée, est faible, il n'y aura en principe aucun problème de surtension.

Annexe 3. Exemple informatif : raccordement d'une éolienne

Comme pour toute autre production décentralisée, les prescriptions techniques sont d'application. Cette annexe constitue un outil lors de la décision quant à l'application du §2 '**Problématique du raccordement**'. L'approche qui y est présentée ne modifie en aucun cas la responsabilité du producteur décentralisé quant au respect des limites d'émission suite aux charges fluctuantes. L'application se réfère en grande partie aux notions et estimations décrites dans la publication CEI 61400-21 « Mesurage et évaluation des caractéristiques de qualité de puissance des éoliennes connectées au réseau ».

Les estimations utilisent les données qui sont spécifiques aux réseaux et aux éoliennes dont question. Avec ces données et à l'aide des formules proposées par la norme, on considère si les perturbations engendrées ne dépassent pas les seuils de tolérance. Les seuils de tolérance relatifs au flicker sont déduits du document CEI 61000-3-7 « Evaluation des limites d'émission des charges fluctuantes sur les réseaux MT et HT ».

• Caractéristiques du réseau

Le réseau pour lequel une demande de raccordement d'une éolienne est introduite se caractérise par les éléments suivants:

- Dgexist: la puissance des productions décentralisées, sans les éoliennes, déjà raccordées au poste HT/MT concerné.
- WTextist: la puissance des éoliennes déjà connectées au poste HT/MT concerné.
- Psmtf: la puissance du plus petit transformateur. Il s'agit de la puissance du plus petit transformateur dans la configuration du réseau dans lequel le(s) éolienne(s) à connecter doit(ven)t pouvoir fonctionner. Il peut s'agir de la situation n ou n-1 du réseau. La situation n est celle du réseau sans élément défectueux. La situation n-1 est celle comportant 1 élément de réseau défectueux. On peut décider de prévoir que la totalité des éoliennes ne fonctionnent pas en cas de défaut, situation n-1.
- PCC: par définition, le point de raccordement commun PCC est celui qui se situe, sur le plan électrique, le plus près d'une charge déterminée du réseau de distribution sur lequel d'autres charges sont ou peuvent être raccordées.
- Sk: la puissance de court-circuit à l'endroit du PCC.
- Ψ : l'angle de réseau $\Psi = \arctan X/R$.

• Caractéristiques du système d'éolienne

- Sn: la puissance apparente d'une éolienne.
- N: le nombre d'éoliennes à raccorder.
- $\cos \varphi$: le facteur de puissance minimum.
- $c(\Psi, \square v)$: le coefficient flicker en régime continu. Ceci caractérise le comportement flicker des éoliennes lorsque l'intensité du vent ne provoque pas de décrochage, soit en raison d'une intensité insuffisante, soit d'une intensité trop forte. Ce coefficient est généralement indiqué dans un tableau en fonction de l'angle Ψ .
- $K_f(\Psi)$: le coefficient flicker lors des opérations de couplage et de découplage. Ceci caractérise le comportement flicker des éoliennes lorsque l'intensité du vent provoque un décrochage, soit en raison d'une intensité insuffisante, soit par une intensité trop forte. Ce coefficient est généralement indiqué dans un tableau en fonction de l'angle Ψ .

- $K_u(\Psi)$: le coefficient de variation de tension. Ceci caractérise le comportement relatif à la variation de tension provoquée par les éoliennes pendant le couplage ou le découplage.
- N10, N120: le nombre d'opérations de couplage ou de découplage attendu, pendant respectivement 10 minutes et 2 heures.

- **Tolérances**

Conditions préliminaires

- $\sum(DG_{exist} + WT) \leq P_{smtf}$

Le contrôle du déroulement de la charge locale est assuré lorsque la puissance totale de la production décentralisée, celle des éoliennes comprises, ne dépasse pas la puissance du plus petit transformateur, comme décrit ci-dessus.

- $\cos \varphi \geq 0,95$: Le facteur de puissance est supérieur ou égal à 0,95.

Condition simplifiée (phase 1)

- $\sum[WT(-1km_e)] < 0,4 \% S_k$

La condition simplifiée survient lorsque la puissance des éoliennes dont le PCC se situe à au moins un kilomètre électrique (1 km réseau), ajoutées au système d'éoliennes étudié, représente < 0,4 % de la puissance de court-circuit à l'endroit du PCC du système d'éoliennes. Cette condition simplifiée correspond à la phase 1 du rapport 61000-3-7 (voir point 7.1 du rapport).

Conditions conformément à la phase 2 du rapport 61000-3-7

- $S_{mmean} = (S_{min} + S_{max})/2 = (P_{smtf} + N \cdot S_n + E_{oexist} + 2 P_{smtf})/2$

Il convient de déterminer à l'avance la puissance fluctuante à prévoir. À défaut d'autres données plus précises, on prend la moyenne entre le minimum prévisible et le maximum à ne pas dépasser. Un minimum prévisible est obtenu en prenant la puissance du plus petit transformateur à laquelle on ajoute celle des éoliennes. Le maximum de puissance fluctuante à ne pas dépasser correspond à 2 fois la puissance du plus petit transformateur.

- $EP_{st} < 0,6(N \cdot S_n / S_m)^{1/3}$ et $EPlt < 0,5(N \cdot S_n / S_m)^{1/3}$

Les émissions autorisées en terme de Pst et Plt sont exprimées par les formules susmentionnées. Le coefficient de transfert entre le réseau HT et MT est supposé égal à 1. Pst se réfère à la probabilité de flicker pendant un court intervalle (10 minutes) tandis que Plt correspond à un temps intermédiaire prolongé (2 heures) (voir point 7.2.2 du rapport 61000-3-7).

- $d < 3\%$

En supposant qu'il y a moins de 11 opérations de couplage ou de découplage par heure, la variation de tension est inférieure à 3% (voir tableau 8 du point 9 du rapport 61000-3-7).

Vérification

Aucune remarque particulière pour la vérification des conditions préalables et la condition simplifiée.

La norme 61400-21 donne des formules approximatives :

En régime continu :

$$EP_{st} = EPlt = c(\Psi) \cdot (N)^{0,5} \cdot S_n / S_k \text{ (voir 8.3.1 Eq.19)}$$

Pour des opérations de découplage et de couplage si $N > 1$:

$$EP_{st} = (18/S_k) \cdot (N \cdot N_{10}) \cdot [Kf(\Psi) \cdot S_n]^{3,2 \cdot 0,31} \text{ (voir 8.3.2 Eq.22)}$$

$$EPlt = (8/S_k) \cdot (N \cdot N_{120}) \cdot [Kf(\Psi) \cdot S_n]^{3,2 \cdot 0,31} \text{ (voir 8.3.2 Eq.23)}$$

et si $N = 1$:

$$P_{st} = 18 * N_{10}^{0,31} * K_f(\Psi) * S_n / S_k \text{ (voir 8.3.2 Eq.20)}$$

$$P_{st} = 8 * N_{120}^{0,31} * K_f(\Psi) * S_n / S_k \text{ (voir 8.3.2 Eq.21)}$$

La variation de tension pendant les opérations de découplage ou de couplage sont évaluées par :

$$d = K_u(\Psi) * S_n / S_k \text{ (voir 8.3.2 Eq.24)}$$

- **Acceptation**

Le système d'éoliennes est accepté tant qu'il ne provoque pas de variations supérieures aux limites déterminées. Pour ce faire, lorsque la puissance de l'éolienne est $> 2\%$ de la puissance de court-circuit au niveau du PCC, un contrôle permanent des caractéristiques de la tension est prévu par le producteur décentralisé du système d'éoliennes. Le contrôle permanent est décrit / validé par le gestionnaire de réseau. Le contrôle est placé en principe dans le PCC.

network data		variant 1	variant 2
existing decentralised generation	DG _{exist}	3	4
existing WT	WT _{exist}	1,8	2,8
power of the smaller tfo	P _{smtf}	20	30
minimal short-circuit power of the grid at the PCC (MVA)	Sk	150	180
network impedance phase angle	ψ	90	90

WTGS data		variant 1	variant 2
apparent power of an individual WT (VA*10 ⁶)	S _n	1,5	1,5
number of WT	N	5	5
minimum power factor	cos Φ	0,99	0,95
flicker coefficient for continuous operation	c(ψ ,v)	8	5
flicker step factor	K _f (ψ)	1	0,6
voltage change factor	K _u (ψ)	1	0,6
number of switching operations of one WT within a 10 minutes period	N ₁₀	2	2
number of switching operations of one WT within a 120 minutes period	N ₁₂₀	4	4

tolerance assessment		variant 1	variant 2
prior condition			
sum of decentralised generation < P _{smtfs}	Σ DG+WT	20	30
power factor	cos $\Phi \geq$	0,95	0,95
Acceptation with simplified stipulation			
sum of WT in the neighbourhood ⁽¹⁾ < 0.4 % Sk	N ⁽¹⁾ *S _n	0,60	0,72
if not (1) < 1electrical km			
according to IEC 61000-3-7			
expected possible fluctuating power between S _{m_{min}} ⁽²⁾ and S _{m_{max}} ⁽³⁾	S _{m_{mean}}	34,65	50,15
with a transfer coef = 1; limit max of < 0.6(N*S _n /S _m) ^{1/3}	EPst <	0,36	0,32
with a transfer coef = 1; limit max of < 0.5(N*S _n /S _m) ^{1/3}	EPlt <	0,30	0,27
relative voltage change(from 2 to 10 changes over 1 hour)	d <	3%	3%

$$^{(2)} S_{m_{min}} = P_{smtf} + N * S_n + WT_{exist} = 29,3 \quad 40,3$$

$$^{(3)} S_{m_{max}} = 2 P_{smtf} = 40 \quad 60$$

to check	MV requirements		formula	results			
	variant 1	variant 2		variant 1	variant 2		
<u>prior condition</u>							
Σ DG+WT	< 20	< 30	DG _{exist} + WT _{exist} + N*S _n	12,3	ok	14,3	ok
cos Φ	\geq 0,95	\geq 0,95		0,99	ok	0,95	ok
<u>simplified stipulation</u>							
N ⁽¹⁾ *S _n	< 0,60	< 0,72	N ⁽¹⁾ *S _n	7,5	nok	7,5	nok
if not according to IEC 61400-21							
<u>continuous operation</u>							
EPst	< 0,36	< 0,32	c(ψ)*(N) ^{0.5} *S _n /Sk	0,179	ok	0,093	ok
EPlt (=EPst)	< 0,30	< 0,27	c(ψ)*(N) ^{0.5} *S _n /Sk	0,179	ok	0,093	ok
<u>switching operation (in case of N > 1)</u>							
EPst	< 0,36	< 0,32	(18/Sk)*(N*N ₁₀ *[K _f (ψ)*S _n] ^{3.2}) ^{0.31}	0,328	ok	0,165	ok
EPlt	< 0,30	< 0,27	(8/Sk)*(N*N ₁₂₀ *[K _f (ψ)*S _n] ^{3.2}) ^{0.31}	0,181	ok	0,091	ok
d	< 3%	< 3%	K _u (ψ)*S _n /Sk	1,0%	ok	0,5%	ok
<u>switching operation (in case of N = 1)</u>							
EPst	< 0,36	< 0,32	18*N ₁₀ ^{0.31} *K _f (ψ)*S _n /Sk	0,223	ok	0,112	ok
EPlt	< 0,30	< 0,27	8*N ₁₂₀ ^{0.31} *K _f (ψ)*S _n /Sk	0,123	ok	0,061	ok
d	< 3%	< 3%	K _u (ψ)*S _n /Sk	1,0%	ok	0,5%	ok
<u>monitoring PQ</u>							
N*S _n /Sk	> 2%	> 2%	N*S _n /Sk	5,0%	yes	4,2%	yes

ok means acceptance provided real measurements prove to be included into the limits

Annexe 4. Système de sectionnement automatique

1. Généralités

Le système de sectionnement automatique doit satisfaire aux dispositions de la « Prénorme » DIN V VDE V 0126-1-1 de février 2006, ainsi que son amendement DIN V VDE 0126-1-1/A1 de février 2012, prenant en compte les dispositions suivantes :

- Essais de type pour détection d'un îlotage (voir ci-après au §2 "**Essais de type et agrément**")
- Réglage des fonctions de protection (voir §3 « **Paramétrage** » de cette annexe).

2. Essais de type et agrément

Les essais de type exigés correspondent à ceux décrits dans le § 6 de la « Prénorme » DIN V VDE V 0126-1-1 de février 2006 amendée en février 2012:

Comme déterminé au §3.2 « **Dispositif de coupure** », le système de sectionnement automatique doit être d'un type agréé par le gestionnaire de réseau.

Pour obtenir cet agrément, le fabricant peut choisir l'une des deux possibilités suivantes :

- Le fabricant présente un certificat démontrant que le système de sectionnement automatique satisfait aux exigences des essais de type décrits ci-dessus. Ce certificat doit être délivré par un laboratoire accrédité pour ces essais (accréditation selon ISO 17025) ;
- Le fabricant présente les rapports d'essai nécessaires démontrant que le système de sectionnement automatique satisfait aux exigences des essais de type décrits ci-dessus. Ces rapports d'essai doivent être délivrés par un laboratoire accrédité (accréditation selon ISO 17025) dans le domaine électrique.

3. Paramétrage

Le système de sectionnement automatique doit être réglé de manière à se déconnecter du réseau lorsque l'une des limites suivantes est dépassée :

Tension minimale instantanée:	184.0 V
Tension maximale moyenne sur 10 minutes	253.0 V
Tension maximale instantanée:	264.5 V
Fréquence minimale instantanée	47,5 Hz
Fréquence maximale instantanée	51,5 Hz*

* Pour les installations mises en service avant le 1/7/2012, la fréquence maximale de déconnexion peut être comprise entre 50,2 et 51,5 Hz

Le gestionnaire de l'installation présentera au gestionnaire de réseau un document (voir aussi §4 « **Procédure de mise en service industrielle** ») démontrant que le système de sectionnement automatique utilisé a été réglé conformément à ces exigences.