



Recommandation de la branche

Spécifications techniques relatives au délestage automatique sur seuil de fréquence tenant compte des modifications apportées aux prescriptions

Dispositions techniques en matière de raccordement, d'exploitation et d'utilisation du réseau de distribution

UFLS – CH, Édition 2016

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@electricite.ch, www.electricite.ch



Impressum et contact

Éditeur

Association des entreprises électriques suisses AES
Hintere Bahnhofstrasse 10, case postale
CH-5001 Aarau
Téléphone +41 62 825 25 25
Fax +41 62 825 25 26
info@electricite.ch
www.electricite.ch

Auteurs de la première édition (2016)

Prénom Nom	Entreprise	Fonction
Bruno Wartmann	ewz	Responsable du GT
Cédric Buholzer	Groupe E SA	Membre du GT
Deborah Koch	FMV SA	Membre du GT
Eric Stohrer	EBM	Membre du GT
Kay Borchert	BKW SA	Membre du GT
Laurent Niclass	SIG SA	Membre du GT
Luca Malacrida	AET	Membre du GT
Richard Graf	AXPO	Membre du GT
Vitus Müller	SAK AG	Membre du GT
Walter Sattinger	Swissgrid	Membre du GT
Yann Gosteli	CKW	Membre du GT
Andreas Degen	AES	Membre du GT

Responsabilité commission

La Commission Technique des réseaux & exploitation des réseaux de l'AES est désignée responsable de la tenue à jour et de l'actualisation du document.



Chronologie

Date	Brève description
Décembre 2015	Prise de fonction du groupe de travail (GT)
11 mars 2016	Approbation par la Commission Technique des réseaux & exploitation des réseaux
08.07.2016	Consultation de la branche
15.08.2016	Approbation par la Direction de l'AES
07.09.2016	Approbation par le Comité de l'AES

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

L'AES approuve ce document à la date du 07. Septembre 2016.

Imprimé n° 1040/f, édition 2016

Copyright

© Association des entreprises électriques suisses AES

Tous droits réservés. L'utilisation des documents pour un usage professionnel n'est permise qu'avec l'autorisation de l'AES et contre dédommagement. Sauf pour usage personnel, toute copie, toute distribution ou tout autre usage de ce document sont interdits. Les auteurs déclinent toute responsabilité en cas d'erreur dans ce document et se réservent le droit de le modifier en tout temps sans préavis.



Sommaire

Avant-propos	6
1. Introduction.....	7
2. Abréviations, termes et définitions	8
3. Conditions-cadre du REGRT-E.....	9
4. Mise en œuvre à l'échelle de la Suisse	9
5. Détermination de la charge de référence du réseau	12
6. Réalisation.....	14
6.1 Principes de base pour la réalisation	14
6.2 Réalisation sur les réseaux de consommateurs sans réinjection	15
6.3 Réalisation sur les réseaux de consommateurs avec réinjection intermittente	16
6.4 Systèmes auxiliaires	16
7. Groupes de délestage.....	16
7.1 Répartition	16
7.2 Fourchette des groupes de délestage	17
8. Rotation	17
9. Comportement à adopter après un incident UFLS	17
10. Groupes de réseau UFLS	18
11. Services-système	18
12. Exigences concernant les fonctions de protection et leurs réglages	19
13. Détails techniques	22
13.1 Blocage de la fonction UFLS.....	22
13.2 Portée des points d'information.....	22
13.3 Tension auxiliaire	22
14. Reporting, monitoring et rédaction de procès-verbaux.....	22
15. Pompes de centrales de pompage-turbinage	24
16. Perspectives.....	24
17. Références	25



Liste des figures

Figure 1: Mesures visant à stabiliser la fréquence	7
Figure 2: Recommandation concernant la mise en œuvre de l'UFLS en Suisse	10
Figure 3: Proposition de mise en œuvre de l'UFLS	12
Figure 4: Détermination de la charge de référence du réseau	13
Figure 5: Formule de la charge de référence du réseau pour un nœud de délestage	13
Figure 6: Cas 2: réseau de consommateurs avec injection intermittente	14
Figure 7: Exemples de délestage sur seuil de fréquence au niveau des réseaux de consommateurs sans réinjection	15
Figure 8: Exemples de délestage sur seuil de fréquence avec réinjection intermittente	16
Figure 9: Représentation des groupes de délestage	17
Figure 10: Couplage de principe de la fonction de protection de fréquence selon la direction de la puissance active	20
Figure 11: Exemples pour la détection de la direction de la puissance active	21
Figure 12: Modèle de rapport	23

Liste des tableaux

Tableau 1: Plan de délestage	11
Tableau 2: Valeurs de réglage pour le délestage sur seuil de fréquence	19
Tableau 3: Valeurs de réglage avec les UFLS dépendants de la direction de la puissance active	21
Tableau 4: Recommandation relative aux réglages de protection des pompes	24



Avant-propos

Le présent document est un document de la branche publié par l'AES. Il fait partie d'une large réglementation relative à l'approvisionnement en électricité sur le marché ouvert de l'électricité. Les documents de la branche contiennent des directives et des recommandations reconnues à l'échelle de la branche concernant l'exploitation des marchés de l'électricité et l'organisation du négoce de l'énergie, répondant ainsi à la prescription donnée aux entreprises d'approvisionnement en électricité (EAE) par la Loi sur l'approvisionnement en électricité (LApEI) et par l'Ordonnance sur l'approvisionnement en électricité (OApEI).

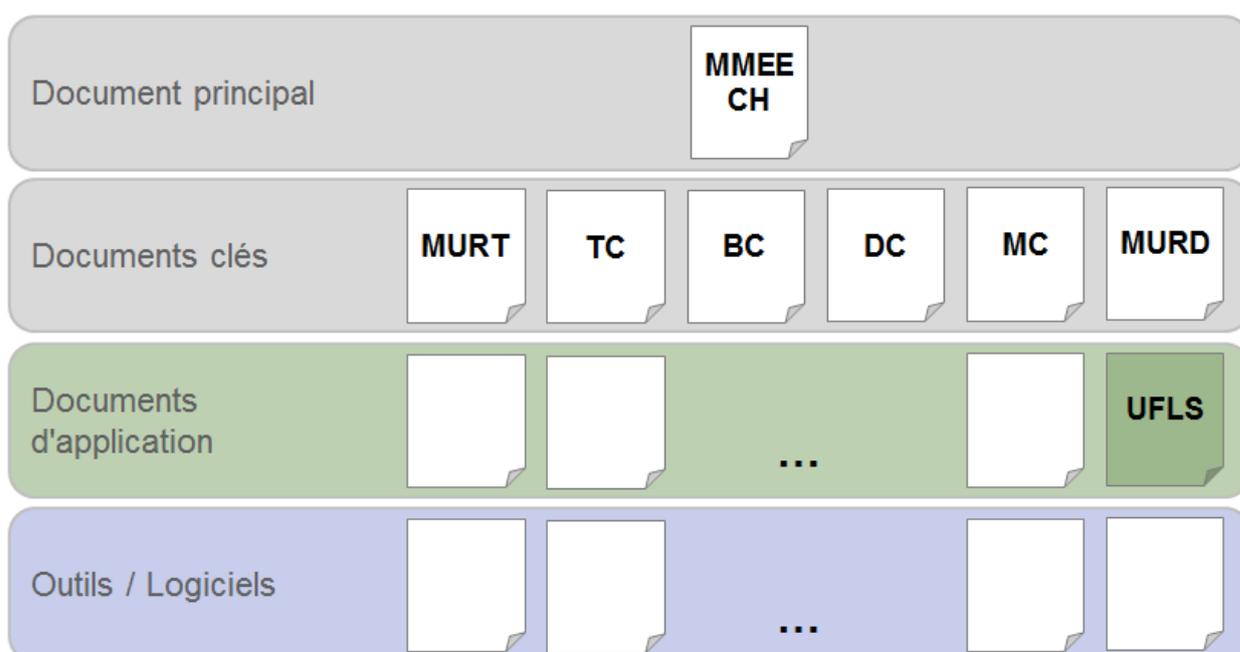
Les documents de la branche sont élaborés par des spécialistes de cette dernière selon le principe de subsidiarité; ils sont régulièrement mis à jour et complétés. Les dispositions qui ont valeur de directives au sens de l'OApEI sont des normes d'autorégulation.

Les documents sont répartis en quatre catégories hiérarchisées:

- Document principal: Modèle de marché pour l'énergie électrique (MMEE)
- Documents clés
- Documents d'application
- Outils/logiciels

Le présent document «Spécifications techniques relatives au délestage automatique sur seuil de fréquence tenant compte des modifications apportées aux prescriptions» est un document d'application.

Structure des documents



1. Introduction

- (1) Le maintien de la fréquence au sein du réseau de transport incombe aux gestionnaires de réseau de transport (GRT), responsables de l'exploitation fiable du système en vue de la mise en réserve d'énergie de réglage primaire, secondaire et tertiaire.
- (2) Si ces puissances de réglage ne permettent pas de stabiliser la fréquence du réseau ou si une perturbation entraîne une baisse brutale de cette dernière, il est nécessaire de mettre en œuvre d'autres mesures telles que le délestage de pompes d'accumulation. Si la fréquence continue de chuter malgré ces mesures, des charges supplémentaires sont automatiquement coupées par le gestionnaire de réseau de distribution (GRD) au moment où elle atteint la plage comprise entre 49 Hz et 48 Hz, afin de stopper la baisse de la fréquence du réseau et de rééquilibrer la puissance. À 47,5 Hz, les installations de production se séparent du réseau [cf. Figure 1].

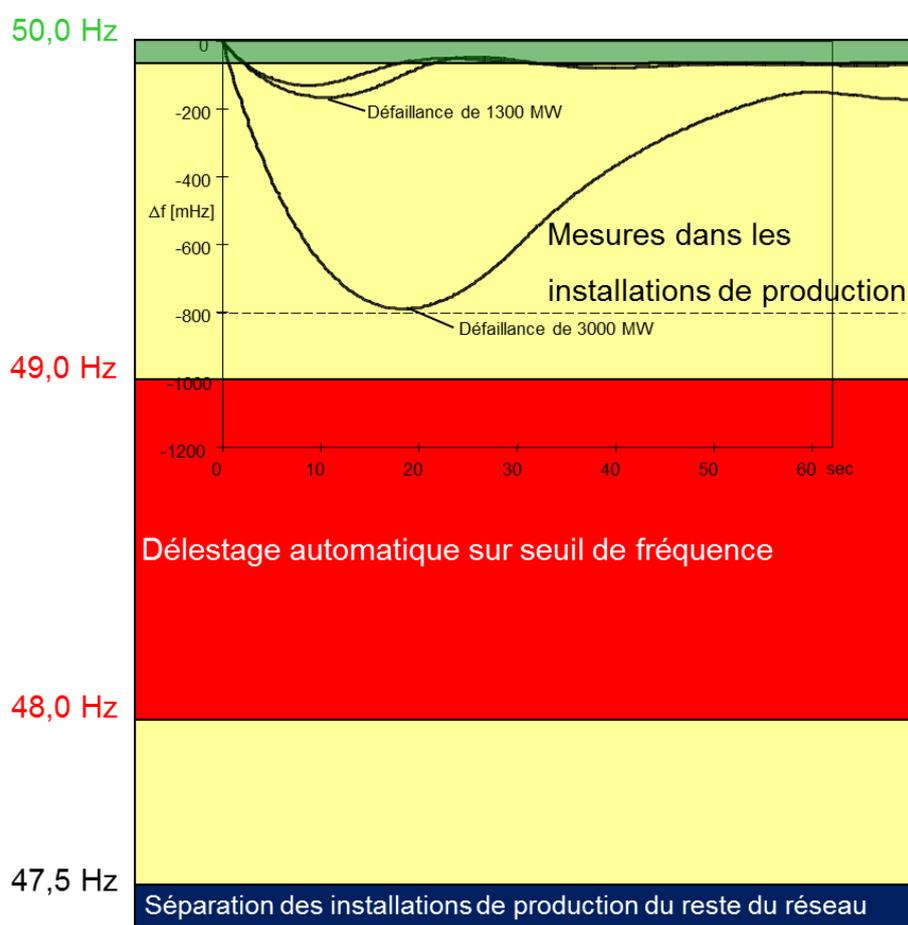


Figure 1: Mesures visant à stabiliser la fréquence



(3) On trouve dans la littérature spécialisée les termes techniques suivants:

- Délestage automatique sur seuil de fréquence
- *Low frequency demand disconnection* (déconnexion de la charge nette en fréquence basse)
- *Under frequency load shedding* (délestage automatique en cas de sous-fréquence)

Ces termes recouvrent tous le même concept de protection du système.

- (4) Dans le présent document AES «Spécifications techniques relatives au délestage automatique sur seuil de fréquence tenant compte des modifications apportées aux prescriptions», l'abréviation UFLS (*under frequency load shedding*) désigne le délestage automatique sur seuil de fréquence.
- (5) En collaboration avec Swissgrid et divers gestionnaires de réseau de distribution, l'AES a élaboré une solution et l'a consignée dans ce document afin de mettre en œuvre une norme peu coûteuse, rapidement applicable et non discriminatoire, avec l'équipement existant pour l'UFLS et en tenant compte du ENTSO-E Operation-Handbook.
- (6) Les mesures en cas de surfréquence ainsi que les accumulateurs mobiles et stationnaires ne font pas partie intégrante du présent document.
- (7) La présente recommandation de la branche ne traite pas les aspects financiers des délestages automatiques sur seuil de fréquence.

2. Abréviations, termes et définitions

- (1) En ce qui concerne les abréviations, les termes et les définitions, nous vous renvoyons au «Glossaire des règles du marché suisse de l'électricité».

http://www.strom.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente_Bilder_neu/010_Downloads/Branchenempfehlung/Swissgrid_Glossaire_2010_f.pdf

- (2) Les abréviations, notions et définitions suivantes sont en outre utilisées dans le présent document:

DASF	Délestage automatique sur seuil de fréquence
FNN	<i>Forum Netztechnik/Netzbetrieb</i> (forum Technique des réseaux/exploitation des réseaux, Allemagne)
Groupe de réseau UFLS	Un ou plusieurs GRD effectuant la rotation UFLS de manière autonome
LFDD	<i>Low frequency demand disconnection</i>
Nœud de délestage	Nœud auquel l'appareil de protection déclenche le commutateur. Dans la mesure du possible, il devrait être identique à la place de mesure.
RA	Réenclenchement automatique
SCADA	<i>Supervisory control and data acquisition</i> (système de contrôle et d'acquisition de données) Ce terme recouvre la surveillance et le pilotage de processus techniques à l'aide d'un système informatique.



Swissgrid	Gestionnaire du réseau de transport
UFLS	<i>Under frequency load shedding</i>
VDN	<i>Verband der Netzbetreiber</i> (association des gestionnaires de réseaux, Allemagne)

3. Conditions-cadre du REGRT-E

- (1) Le document «RG CE OH – Policy 5: Emergency Operations, Version 3.0» du 16 septembre 2015 /1/ contient les principales données de référence concernant la mise en œuvre en matière d'UFLS, récapitulées ci-après:
 - Le délestage s'effectue dans la plage de fréquence comprise entre 49 Hz et 48 Hz.
 - Le blocage par sous-tension de la fonction de fréquence est prévu entre 30 et 90% de U_c .
 - Au moins 5% de la charge doivent être délestés au premier palier.
 - Le délestage par palier ne doit pas excéder 10%.
 - Le nombre de paliers est compris entre six et dix.
 - L'intervalle entre les différents paliers est de 100 à 200 mHz.
 - À 48 Hz, les limites de délestage se situent entre 38 et 52% de la charge du réseau.
 - La temporisation totale des déclenchements ne doit pas dépasser 150 ms.
- (2) Les valeurs de référence suivantes sont définies pour le délestage automatique sur seuil de fréquence des pompes d'accumulation:
 - Déclenchement entre 49,8 et 49,2 Hz avec une temporisation inférieure à 10 s
 - Déclenchement en dessous de 49,2 Hz avec une temporisation inférieure à 350 ms
- (3) Pour obtenir l'effet requis, la mise en place de l'UFLS doit se faire sur l'ensemble du territoire, de manière uniforme, décentralisée et autosuffisante. Tous les utilisateurs du réseau doivent y participer en se conformant aux règles fixées.

4. Mise en œuvre à l'échelle de la Suisse

- (1) En Suisse, l'UFLS est réalisé uniformément avec huit groupes de délestage actifs de taille égale afin de garantir une certaine flexibilité au sein des groupes de réseau UFLS et dans la zone de réglage Suisse. Ce procédé simplifie le reporting sur l'ensemble du territoire et permet ainsi d'appliquer et de respecter parfaitement les prescriptions du REGRT-E et de l'OApEI (art. 5, al. 2) pour la zone de réglage Suisse. Les conditions-cadre relatives aux nouvelles installations et au renforcement d'installations doivent être intégralement mises en œuvre dès à présent. La mise en œuvre des nouveaux paliers de fréquence selon la variante A ou B est prévue d'ici 2022.



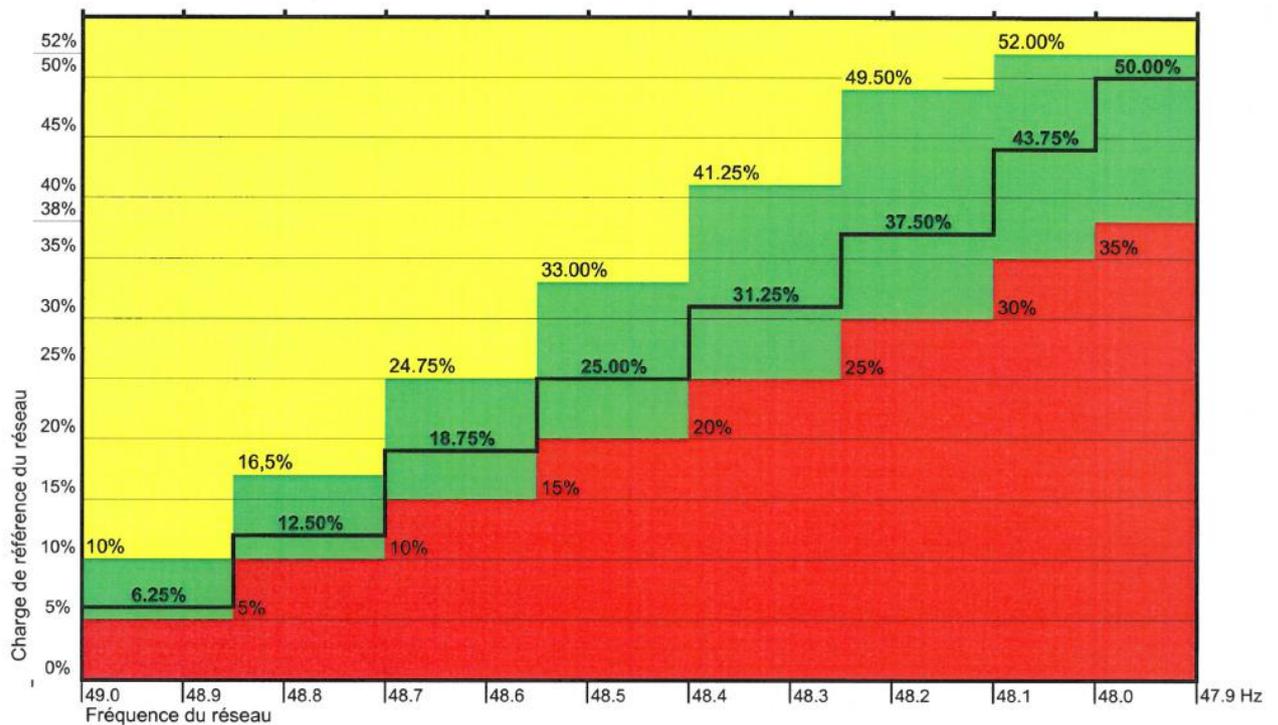


Figure 2: Recommandation concernant la mise en œuvre de l'UFLS en Suisse

- (2) La Figure 2 est une représentation graphique des exigences relatives à la mise en œuvre en Suisse. L'axe des abscisses indique la fréquence du réseau par ordre décroissant, tandis que l'axe des ordonnées précise quel taux de charge de référence du réseau doit être délesté. Les groupes de délestage présentent un intervalle de fréquence d'un palier à l'autre de 100 à 150 mHz avec une répartition uniforme de la charge de référence du réseau (6,25% chacun). Le délestage sur seuil de fréquence des pompes d'accumulation est traité plus en détail au chapitre 15.
- (3) De manière inévitable, le délestage touche aussi des injecteurs décentralisés, qui génèrent aujourd'hui une production encore faible comparée à la charge totale, mais néanmoins non négligeable. Pour compenser ces producteurs délestés, un pourcentage plus élevé a été choisi dans la courbe caractéristique à huit paliers.



Fréquence (en Hz)	Opération	Charge de référence du réseau (somme en %)	Mode d'activation
49,5	Délestage des pompes d'accumulation, 1 ^{er} palier	---	Automatique
49,2	Délestage des pompes d'accumulation, 2 ^e palier	---	Automatique
49	Délestage de 6,25%; marge de tolérance de 5% ... 8,25%	6,25	Automatique
48,85	Délestage de 6,25%; marge de tolérance de 5% ... 8,25%	12,50	Automatique
48,7	Délestage de 6,25%; marge de tolérance de 5% ... 8,25%	18,75	Automatique
48,55	Délestage de 6,25%; marge de tolérance de 5% ... 8,25%	25	Automatique
48,4	Délestage de 6,25%; marge de tolérance de 5% ... 8,25%	31,25	Automatique
48,25	Délestage de 6,25%; marge de tolérance de 5% ... 8,25%	37,50	Automatique
48,1	Délestage de 6,25%; marge de tolérance de 5% ... 8,25%	43,75	Automatique
48	Délestage de 6,25%; marge de tolérance de 5% ... 8,25%	50	Automatique
47,5	Séparation des centrales du réseau		Automatique

Tableau 1: Plan de délestage

- (4) Deux possibilités pratiques de mise en œuvre des nouvelles prescriptions sont décrites plus en détail. L'objectif est de pouvoir passer facilement et à moindre coût du concept actuel à sept paliers (quatre actifs et trois inactifs) au nouveau concept à huit paliers actifs et huit paliers inactifs.

Variante A

- (5) On recalcule les nœuds de délestage, puis on procède au reparamétrage complet des appareils de protection, selon la nouvelle répartition des nœuds de délestage.

Variante B

- (6) On reprend le concept UFLS existant et on le complète. 50% des appareils, rapportés à la charge de référence du réseau, ne doivent pas être adaptés pour autant que les prescriptions en matière de temporisation du déclenchement soient satisfaites. Il faut toutefois effectuer un ajustement ad hoc des niveaux de charge. En outre, il est nécessaire d'adapter légèrement les différents paliers de fréquence des appareils restants. Sur les modèles équipés d'un interrupteur local pour le réglage des paliers, il est possible le cas échéant d'apposer une désignation supplémentaire au niveau de l'interrupteur ou au nœud de délestage, p. ex. un «A» pour les appareils UFLS existants et un «B» pour les appareils UFLS à reparamétrer. Cela permettrait de réaliser la rotation des huit groupes de délestage actifs avec deux lots indépendants de quatre groupes chacun. Ainsi, le premier groupe de délestage UFLS comportant la mention supplémentaire «A» se déclencherait à 49 Hz, celui assorti de la mention supplémentaire «B» à 48,85 Hz [cf. Figure 3].



Appareils UFLS existants	49.00	48.70	48.40	Mention supplémentaire A 48.10 [Hz]
Appareils UFLS à reparamétrer	Mention supplémentaire B 48.85	48.55	48.25	48.00 [Hz]
Fréquence	49.0/48.85	48.70/48.55	48.4/48.25	48.1/48.0

Figure 3: Proposition de mise en œuvre de l'UFLS

5. Détermination de la charge de référence du réseau

- (1) Pour calculer la charge de référence du réseau, on tient compte de la part de chaque nœud de délestage dans la charge moyenne annuelle. De cette façon, l'évaluation des nœuds de délestage n'est soumise qu'à de faibles fluctuations et ne doit être adaptée qu'en cas de développement important ou de modification de la structure du réseau.

- (2) Lors de l'établissement des points de délestage, il importe de fixer un nombre de points qui ne soit ni trop faible, ni trop élevé. Si un grand nombre de points aux niveaux de tension inférieurs (MT, BT) permet une quantification topologique précise du délestage, il implique également des ressources techniques supplémentaires en termes de dispositifs de délestage et de rétablissement du réseau et, partant, des coûts plus élevés. C'est pourquoi, dans l'intérêt des clients du secteur de l'électricité et à des fins de stabilité de l'exploitation du réseau, on définit une norme minimale destinée à garantir un fonctionnement à la fois efficace et fiable. Dans de nombreux endroits, les réseaux haute tension sont puissants, étendus et fortement maillés: le délestage du réseau très haute tension ou des transformateurs du niveau de réseau 2 ne constitue donc pas une solution acceptable. En revanche, les réseaux moyenne tension sont généralement localisés dans des périmètres régionaux limités et ne sont pas maillés. C'est la raison pour laquelle on impose comme norme minimale le délestage UFLS des transformateurs du niveau de réseau 4. Le nœud de délestage peut exceptionnellement être effectué au niveau de réseau 3 si les conditions topologiques l'exigent. Le groupe de réseau UFLS naturel pour la charge de référence est par conséquent le nombre de transformateurs au NR4 d'un gestionnaire de réseau de distribution (gestionnaires de réseau public et de réseau industriel). La procédure de comptabilisation est représentée à la Figure 4. Si, le cas échéant, les déclenchements UFLS sont réalisés au niveau de réseau 5, soit au niveau des départs de lignes dans les postes de transformation, il faut prendre en compte, pour la détermination de la charge de référence du réseau, la somme des différents départs de lignes des cas 1 et 2. Le déclenchement UFLS peut donc ne pas concerner un départ de ligne du cas 3.



- (3) En conséquence, la charge de référence du réseau inclut uniquement les consommateurs nets annuels des cas 1 et 2 d'un gestionnaire de réseau haute tension (gestionnaires de réseau public et de réseau industriel).

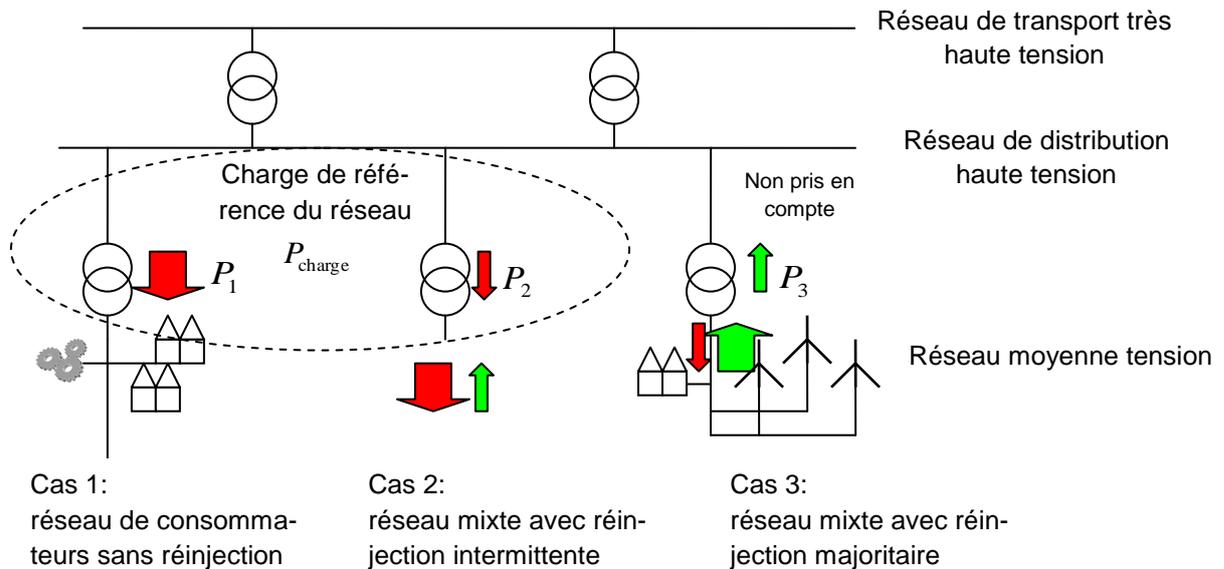


Figure 4: Détermination de la charge de référence du réseau

- (4) Il y a réinjection intermittente lorsque plus d'un tiers des moyennes sur 10 ou 15 minutes par année civile ont été calculées avec réinjection sur une base annuelle. Nous sommes en présence du cas 3 (injection majoritaire) lorsque dans au moins les deux tiers des moyennes sur 10 ou 15 minutes d'une année civile, les cycles de mesure des points de charge de référence du réseau agissent comme une injection. Pour ne pas fausser le résultat, les moyennes de puissance «nulle» sont également prises en compte dans les calculs de l'attribution de la charge de référence du réseau. Il convient par ailleurs de noter que la puissance du générateur restant dans le réseau après le délestage des charges entraîne une situation de surcharge.

$$P_{charge,moyenne} = \frac{1}{i} \sum_i \frac{P_{i,moyenne} + |P_{i,moyenne}|}{2}$$

Remarque: i désigne le nombre de moyennes

Figure 5: Formule de la charge de référence du réseau pour un nœud de délestage



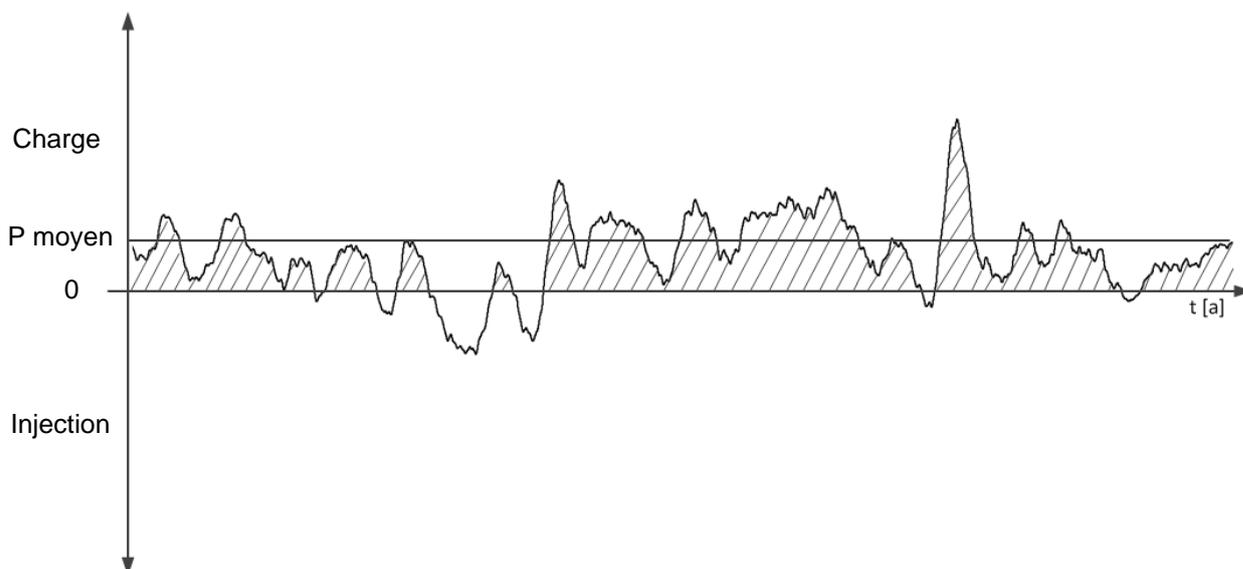


Figure 6: Cas 2: réseau de consommateurs avec injection intermittente

- (5) Pour le cas 2, il ne faut prendre en compte que la moyenne de toutes les moyennes de charges (zones hachurées), y compris les valeurs nulles, ce qui permet de compenser les pics à court terme des injecteurs.
- (6) On admet que pour le cas 3, il peut arriver, quoique rarement, que les réseaux de producteurs nets prélèvent de la puissance active sans pour autant quitter le réseau. Cela n'entrave pas la fonctionnalité du délestage étant donné que ces réseaux n'ont pas été pris en compte dans le bilan de ce dernier. Il n'est donc pas nécessaire de mettre en place des appareils UFLS.

6. Réalisation

6.1 Principes de base pour la réalisation

- (1) À l'avenir, la protection de sous-tension devrait être installée en fonction de la direction de la puissance active, car les installations sont de plus en plus souvent équipées de départs de lignes où des injections variables et décentralisées ne permettent plus d'identifier clairement cette direction (Figure 4, cas 2). Sur les installations dont les départs de lignes n'ont que des charges, une simple protection de fréquence suffit.



6.2 Réalisation sur les réseaux de consommateurs sans réinjection

- (1) Le concept classique basé sur une mesure de la fréquence et le déclenchement du transformateur au niveau de réseau 4 est applicable si les jeux de barres MT sont raccordés à de simples charges. Le prélèvement de la tension de mesure pour mesurer la fréquence peut se faire sur le côté de la tension primaire ou secondaire du transformateur, au niveau du jeu de barres MT ou sur les systèmes auxiliaires [Figure 7].

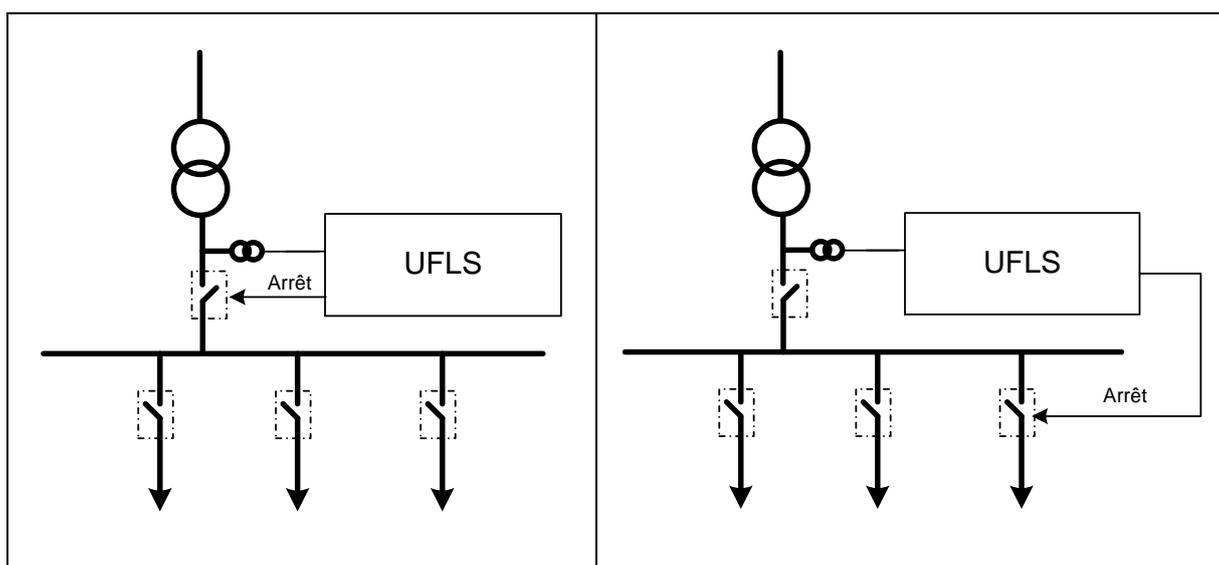


Figure 7: Exemples de délestage sur seuil de fréquence au niveau des réseaux de consommateurs sans réinjection

- (2) La coupure peut aussi intervenir sur des départs de lignes MT isolés. Il convient alors de veiller à ce que la charge de référence soit mesurée sur la base des départs de ligne MT sélectionnés.
- (3) Si certaines dérivations servent exclusivement aux injections d'une centrale, elles peuvent être exclues des déclenchements UFLS. Il faut alors déplacer le déclenchement du niveau de réseau 4 (transformateur) au niveau de réseau 5 (dérivations) au sein du poste de transformation. De cette manière, il est possible de se passer d'un dispositif de protection dépendant de la direction de la puissance active. Si la tension de l'appareil UFLS est saisie au niveau de la dérivation du transformateur ou des jeux de barres, le dispositif est déclenché par un bus de lancement, qui déclenche à son tour les différents départs de lignes, via l'appareil de champs le cas échéant. Il importe également de veiller à ce qu'en cas de perturbation du réseau sur le bus de lancement, aucun couplage extérieur ne soit réalisé, qui déclencherait le dispositif UFLS: cela peut en effet entraîner un fonctionnement intempestif (dysfonctionnement affectant le déclenchement) non désiré. Par mesure de prévention, des temporisations ou des déclenchements indirects doivent être prévus, avec une validation de la fréquence si nécessaire.



6.3 Réalisation sur les réseaux de consommateurs avec réinjection intermittente

- (1) Sur les réseaux mixtes sans charges ni injections explicites, où le transformateur représente la grandeur de bilan, il est possible d'appliquer la solution présentée ci-dessous [Figure 8].

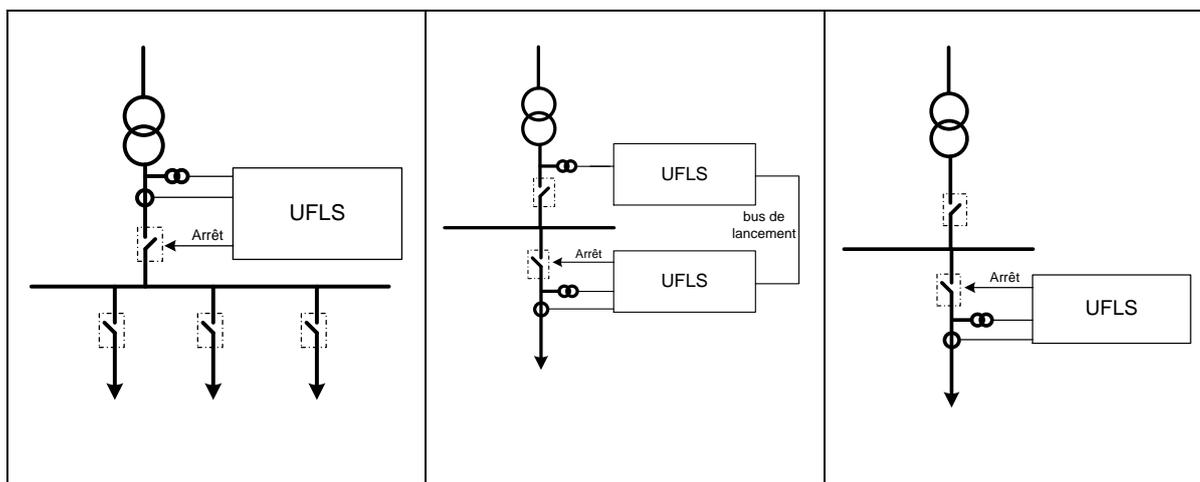


Figure 8: Exemples de délestage sur seuil de fréquence avec réinjection intermittente

- (2) REMARQUE: il est également possible de prélever la tension de mesure pour mesurer la fréquence sur le côté de la tension primaire ou secondaire du transformateur, sur le jeu de barres MT ou sur les systèmes auxiliaires. Dans ce cas, il faut veiller à ce que la charge de référence soit calculée sur la base des départs de ligne MT sélectionnés.

6.4 Systèmes auxiliaires

- (1) Lorsque cette option est envisageable, il est possible d'exclure les systèmes auxiliaires de l'UFLS afin de garantir un rétablissement sûr du réseau.

7. Groupes de délestage

7.1 Répartition

- (1) Au sein d'un groupe de réseau UFLS, la charge de référence totale du réseau est toujours égale à 100%. Afin de permettre une rotation lorsque cela est nécessaire, cette charge est répartie uniformément entre 16 groupes de délestage, chacun en représentant 6,25% de la charge du réseau de référence ($6,25\% \times 16 = 100\%$). Ces 16 groupes sont à leur tour répartis en huit groupes actifs et huit bloqués. Les huit groupes actifs sont attribués conformément au plan de délestage [cf. Tableau 1]. Cette répartition respecte les conditions-cadre du ENTSO-E Operation-Handbook et les prescriptions suisses.



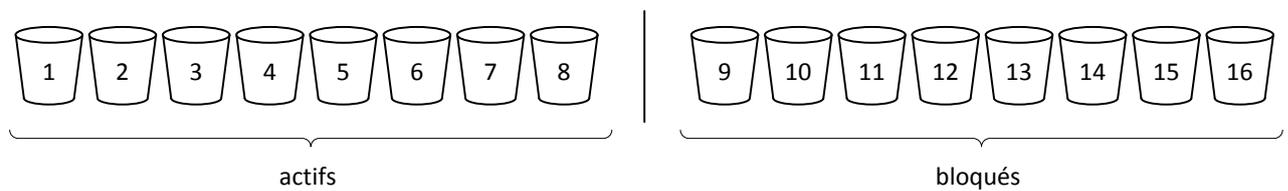


Figure 9: Représentation des groupes de délestage

7.2 Fourchette des groupes de délestage

- (1) Chaque groupe de délestage dispose en moyenne de 6,25% de la charge de référence du réseau. L'affectation des différentes charges de référence de réseau n'étant effectuée qu'en blocs de charge (transformateur ou lignes électriques), les différents groupes de délestage nécessitent une hystérésis ou une bande de tolérance de -1,25% ou +2%. Autrement dit, dans chaque groupe de délestage, la charge de groupe devrait être comprise entre 5% et 8,25% de la charge de référence du réseau. Lorsqu'un groupe de charge est lésé en raison de l'impossibilité de pratiquer une répartition plus précise, le fait est consigné dans le reporting annuel et transmis à Swissgrid qui, en pareil cas, pourra, si cela s'avère nécessaire, procéder à un équilibrage dans la zone de réglage Suisse avec d'autres groupes de réseau UFLS.
- (2) REMARQUE: étant donné qu'au moins 5% de la charge de référence du réseau doivent être délestés au premier palier et que la valeur du premier palier se situe à 6,25%, on obtient une différence de -1,25%. La différence de +2% doit être respectée à 48 Hz puisqu'au maximum 52% de la charge de référence du réseau doivent être délestés.

8. Rotation

- (1) En principe, aucune rotation n'est imposée. Chaque GRD détermine lui-même la façon dont il peut appliquer au mieux le principe de non-discrimination.
- (2) Il est préférable d'opter pour une rotation homogène au sein d'un groupe de réseau UFLS afin que le total des charges de référence du réseau concorde avec le plan de délestage.
- (3) La rotation peut être mise en œuvre suite à un incident UFLS ou selon un cycle défini.

9. Comportement à adopter après un incident UFLS

- (1) Un équipement mis hors tension par le biais de la fonction de protection UFLS ne peut être réenclenché sans validation. Les manœuvres visant à assurer les besoins propres sont proscrits. La remise en circuit s'effectue en collaboration, concertation et coordination avec Swissgrid et les gestionnaires de réseau avoisinants, comme dans le cas d'un rétablissement du réseau.
- (2) Si un équipement exploité sur le réseau REGRT-E CE est automatiquement mis hors tension lors d'un incident UFLS alors qu'il n'existe pas de rapport direct avec celui-ci, il peut être reconnecté conformément aux directives du GRD concerné, sans concertation préalable avec Swissgrid.



- (3) Si les prescriptions n'ont pas été respectées dans la zone de réglage Suisse, il faut s'assurer qu'un procès-verbal transparent puisse être établi rapidement après un incident UFLS. Pour ce faire, il est impératif que Swissgrid et les groupes de réseau UFLS collaborent étroitement. La coordination pour la zone de réglage Suisse est assumée par Swissgrid, en coopération avec les gestionnaires de groupes de réseau UFLS responsables.

10. Groupes de réseau UFLS

- (1) Swissgrid organise les groupes de réseau UFLS avec les GRD concernés. Les gestionnaires de réseau du niveau de réseau 2 peuvent en premier lieu organiser eux-mêmes les groupes de réseau UFLS. Il leur est également possible de déléguer cette tâche aux GRD qui leur sont subordonnés. Au sein de chaque groupe de réseau UFLS, un poste fixe et prédéfini est chargé de la coordination. La coordination des différents groupes est effectuée par Swissgrid. La composition de chaque groupe est le fruit d'une étroite collaboration entre Swissgrid et les GRD.
- Si un GRD dispose d'un réseau de distribution suffisamment grand pour assurer lui-même l'ensemble de la rotation, indépendamment du niveau de réseau, il sera également responsable du respect des consignes et du reporting.
 - Plusieurs GRD peuvent se regrouper pour former une association de réseau UFLS et assurer eux-mêmes les rotations, indépendamment du niveau de réseau. Dans ce cas, un GRD se charge de la coordination et établit un reporting commun.
 - Si un GRD disposant d'un raccordement direct au niveau de réseau 1 ne peut assumer seul la rotation, et s'il n'a pas de partenaires, il recherche une solution avec Swissgrid.
 - Si un GRD ne peut pas respecter les prescriptions applicables aux groupes de délestage en raison d'une impossibilité à respecter une charge individuelle supérieure à 8,25% du total de la charge de référence du réseau, il peut malgré tout gérer un groupe de réseau UFLS propre. Dans ce cas, Swissgrid veille de nouveau à l'équilibre dans la zone de réglage Suisse.
- (2) REMARQUE: si le concept UFLS existant d'un gestionnaire de réseau de distribution l'empêche de constituer 16 groupes de réseau UFLS – p. ex. si seuls des postes de transformation entiers équipés d'appareil UFLS sont mis hors tension –, il peut le cas échéant former une association de groupes de réseau UFLS avec d'autres GRD. Cette solution permet d'éviter de coûteux investissements, comme l'adaptation des déclenchements UFLS pour chaque ligne ou transformateur.

11. Services-système

- (1) La réalisation de l'UFLS concerne principalement le niveau de réseau 4. De ce fait, il se peut que les services-système des niveaux inférieurs ne puissent dans certains cas pas être activés après un incident UFLS. Il n'est pour le moment pas prévu de procéder à des mises en circuit spéciales d'équipements, et ce, afin que ces services-système soient disponibles dans toute leur ampleur.



12. Exigences concernant les fonctions de protection et leurs réglages

- (1) La fonction de délestage automatique sur seuil de fréquence peut être intégrée dans des relais distincts, mais aussi dans un dispositif de commande ou de protection déjà existant. Dans les deux cas, les spécifications techniques relatives aux dispositifs de protection énoncées dans la directive de la VDN sur les systèmes de protection numériques («Digitale Schutzsysteme», en allemand) et dans le guide du FNN sur les systèmes de protection («Leitfaden Schutzsysteme», en allemand) s'appliquent, aussi bien à l'exécution technique qu'à la maintenance. Conformément à l'Ordonnance sur le courant fort, section 4, art. 18, la périodicité des contrôles des dispositifs de protection UFLS ne doivent pas excéder cinq ans.
- (2) En raison du découplage des problèmes de tension et de fréquence, la fonction de protection ne doit être déclenchée qu'à partir des réglages recommandés, afin d'éviter les fonctionnements intempestifs.

Propriétés de protection	Grandeur de mesure	Plage de réglage	Période	Réglages recommandés et remarques
Tension de validation pour le déclenchement de la fréquence	U_{bloc}	0,30 – 0,90 * U_n U_n rapportée aux grandeurs de mesure du transformateur	0,01* U_n	0,70 * U_c U_c désigne la tension convenue. Les tensions Ph-Ph sont à privilégier.
Plage de fréquence	f_{min}	45,0 – 55,0 Hz	50 mHz	Réglage conformément au plan de délestage. Précision de mesure: fréquence 30 mHz
Temporisation du déclenchement réglé dans l'appareil de protection	<i>Temps</i>	0 – 20 sec	10 ms	100 ms Hypothèse: temporisation du déclenchement du commutateur de puissance inférieur à 50 msec
Temps de détection pour une stimulation de fréquence sûre	<i>Temps</i>	60 – 100 ms	20 msec	Quatre périodes ou 80 ms Début de la période de déclenchement de la protection; équivaut à $t = 0$
Gradient de fréquence	df/dt	---	---	Fonction bloquée pour le moment
Nombre de paliers de fréquence	--	1 - 8	1	Réseau de distribution: min. un palier, de préférence huit Pompe: min. deux paliers

Tableau 2: Valeurs de réglage pour le délestage sur seuil de fréquence



- (3) La fonction UFLS peut être exécutée sur un réseau de consommateurs avec réinjection intermittente (cas 2), avec en plus une détection de la direction de la puissance active. Pour empêcher un fonctionnement intempestif de cette dernière, il est nécessaire d'introduire un courant minimal correspondant compris entre 2 et 20% du courant assigné du transformateur. Pour les mesures, on peut soit calculer et évaluer les grandeurs du système direct, soit procéder à une mesure d'angle au moment de la réponse.
- (4) Dans le cas d'une détection de la direction de la puissance active dans le sens de l'injection vers le réseau superposé, le déclenchement est bloqué par la protection de fréquence. Dans la figure 11, les zones hachurées représentent la direction de la puissance active vers le réseau superposé, qui bloque le déclenchement.

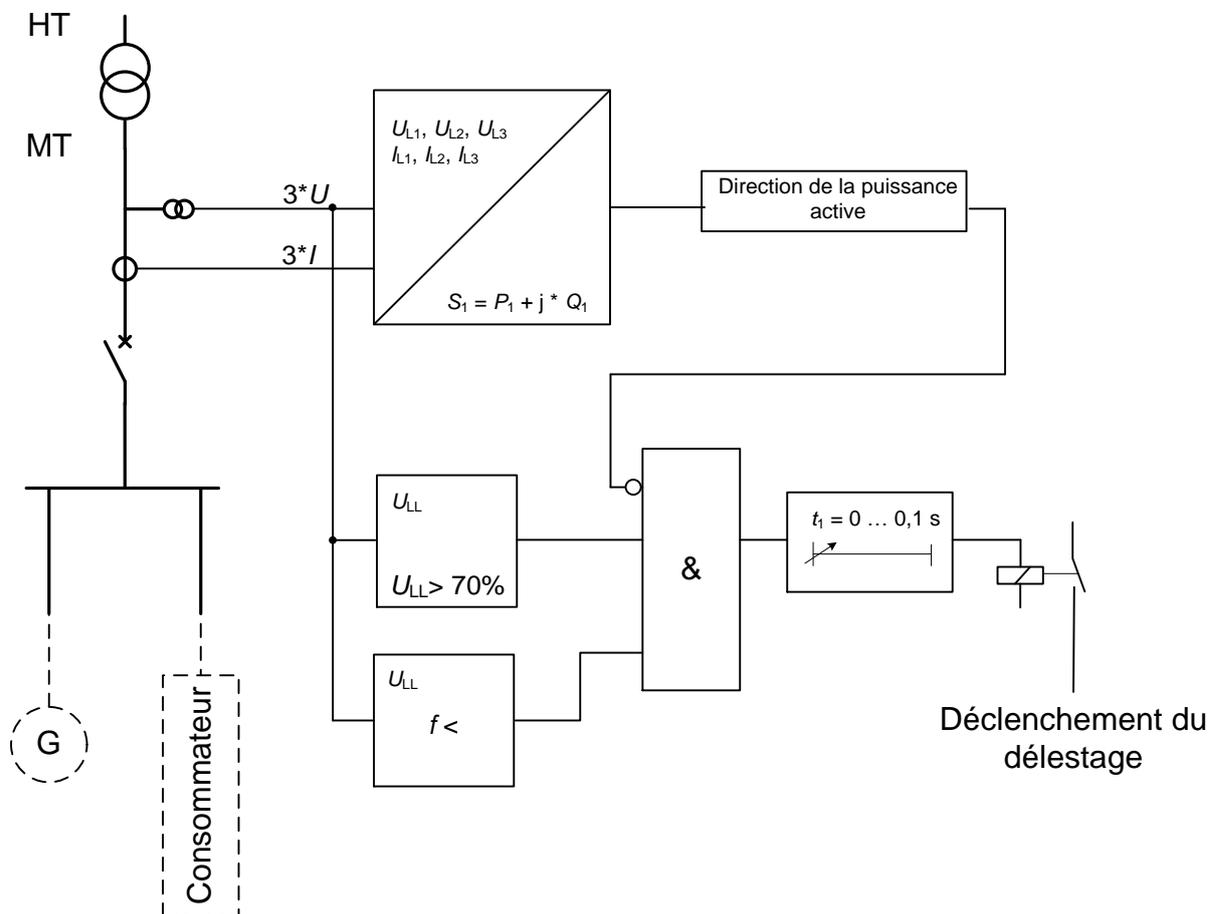


Figure 10: Couplage de principe de la fonction de protection de fréquence selon la direction de la puissance active

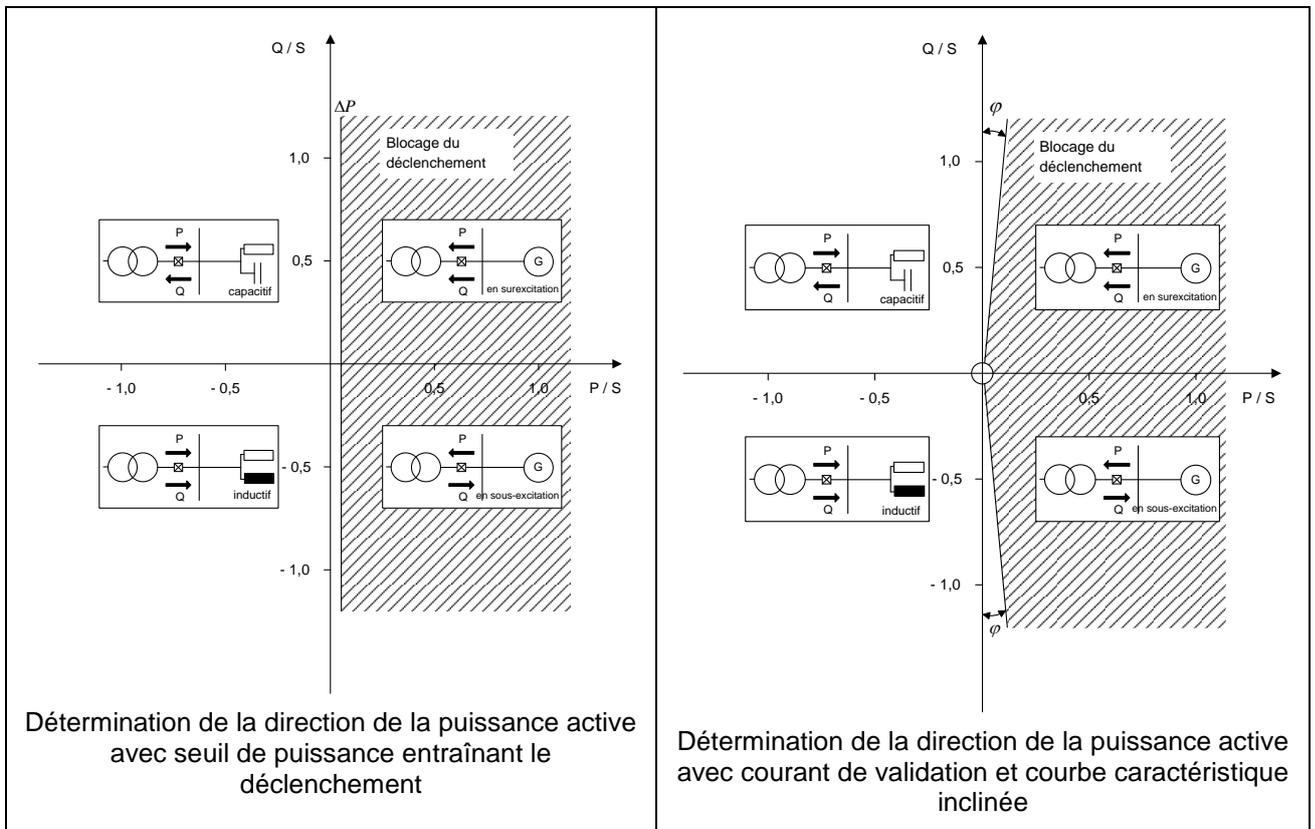


Figure 11: Exemples pour la détection de la direction de la puissance active

Propriétés de protection	Grandeur de mesure	Plage de réglage	Réglages recommandés et remarques
Courant minimum pour la détection de la direction de la puissance active	I_{\min}	$0,02 - 0,20 * I_n$ I_n rapporté aux grandeurs de mesure du transformateur	2 ... 5% du courant assigné du transformateur
Seuil de réponse pour la puissance active	P_{\min}	$0,01 - 0,10 * S_n$	S_n est la puissance apparente assignée de l'appareil de protection (p. ex. 100 V; 1 A)

Tableau 3: Valeurs de réglage avec les UFLS dépendants de la direction de la puissance active



13. Détails techniques

13.1 Blocage de la fonction UFLS

- (1) Les appareils de protection à raccordement triphasé peuvent être munis d'une surveillance de circuit de mesure qui, au moment de la réponse, déclenche le blocage de la fonction de protection de fréquence. En outre, la fonction de fréquence peut être bloquée lorsque l'on passe à un palier non défini dans le cadre d'une commande externe des paliers, en cas de manœuvres d'exploitation dans le réseau ou lorsque la tension auxiliaire est trop basse et que la sécurité du déclenchement ne peut être garantie. Dans ces conditions, le blocage à distance présente un intérêt.
- (2) Lorsqu'un réseau de distribution est délibérément géré en îlotage (séparément du réseau REGRT-CE), la fonction UFLS peut être bloquée le cas échéant. Sur de tels réseaux, les prescriptions fondamentales de la police 5 (Policy 5) ne s'appliquent plus.

13.2 Portée des points d'information

- (1) Le signal du déclenchement UFLS et les perturbations affectant les appareils doivent de préférence être transmis au poste de conduite du réseau concerné.

13.3 Tension auxiliaire

- (1) Il convient de s'assurer que les chutes de tension dans les conduites d'aménée du circuit de commande ne sont pas trop fortes, de manière à ce que les équipements puissent fonctionner dans la plage de tension prescrite, comprise entre +10% et -15%. Dans les circuits de déclenchement tout particulièrement, il faut étudier avec précision la chute de tension lorsque le déclenchement s'effectue sur les dérivations de lignes, et vérifier que l'installation de couplage MT bénéficie d'une injection sectorielle au niveau de la distribution CC alors que plusieurs commutateurs de puissance se déclenchent simultanément. Une mise en œuvre échelonnée n'étant pratiquement plus possible, les conduites d'aménée doivent être optimisées.
- (2) En cas de défaillance de l'injection du redresseur, la tension CC baissera de façon continue. Il faut définir la tension DC minimale devant entraîner le blocage de la fonction UFLS, afin de ne pas brûler les contacts de déclenchement des appareils de protection. Il est donc judicieux de surveiller la tension auxiliaire.

14. Reporting, monitoring et rédaction de procès-verbaux

- (1) Les gestionnaires de réseau de distribution doivent veiller à ce que l'UFLS soit disponible sur l'ensemble du territoire placé sous leur responsabilité, accessible sans discrimination, selon une planification et un fonctionnement conformes aux normes en vigueur. Par conséquent, ils doivent se charger du reporting, du monitoring et de la rédaction de procès-verbaux, les documents devant être établis une fois par an conformément au manuel d'exploitation /1/.
- (2) Dans la mesure où les réglages actuels de l'UFLS doivent actuellement découler d'une concertation entre Swissgrid pour la zone de réglage Suisse et les gestionnaires de réseau de distribution, la documentation s'y rapportant doit être actualisée régulièrement. Par ailleurs, le responsable des groupes de réseau UFLS doit communiquer à Swissgrid au moins une fois par an, au premier tri-



mestre, les charges de référence actuelles du réseau de chaque groupe de délestage actif. Un modèle de rapport est reproduit à la Figure 12.

Reporting UFLS pour 2016 **swissgrid**

Nom du groupe de reporting UFLS: EE modèle

Charge totale du réseau de l'année précédente [en MW]: 100 MW

Amplitude d'un palier UFLS (min./moy./max.)	5.0	6.3	8.3	MW
	5%	6.25%	8.25%	

Palier UFLS	Délestage [MW]		Cumul des délestages [en MW]					Remarques			
	Numéro de palier (facultatif)	Fréquence [Hz]	Nombre de points de délestage	Délestage par palier	Accompli	Amplitude d'un palier UFLS			Délestage total	Part de la charge de référence du	Accompli
Min. visé						Moy. Visé	Max. visé				
3A	49.00	2	5.3	Oui	5.00	6.25	10.00	5.3	5.3	Oui	
3B	48.85	2	4.9	Non	10.00	12.50	16.50	10.2	10.2	Oui	
4A	48.70	6	5.4	Oui	15.00	18.75	24.75	15.6	15.6	Oui	
4B	48.55	2	6.1	Oui	20.00	25.00	33.00	21.7	21.7	Oui	
5A	48.40	2	5.3	Oui	25.00	31.25	41.25	27	27.0	Oui	
5B	48.25	2	5.2	Oui	30.00	37.50	49.50	32.2	32.2	Oui	
6A	48.10	2	6.3	Oui	35.00	43.75	52.00	38.5	38.5	Oui	
6B	48.00	3	6.2	Oui	38.00	50.00	52.00	44.7	44.7	Oui	

Point de fourniture du réseau de transport (NR1):

Nom de l'installation	Transformateurs	Réparation
Station A	T1 - T3 - T5	50%
Station B	T1 - T2 - T3	15%
Station C	T1 - T2	15%
Station D	T1 - T2	10%
Station E	T2	10%

Répartition de la charge sur les points de raccordement supérieurs en cas de manœuvre normale (valeurs arrondies)

Les sociétés suivantes sont mentionnées dans le présent reporting:

EE modèle A	
EE modèle B	

Société coordinatrice / Interlocuteur pour le reporting UFLS: EE Modèle	Date, Lieu
--	------------

Figure 12: Modèle de rapport



15. Pompes de centrales de pompage-turbinage

- (1) Les pompes étant également des charges, il est absolument indispensable de les déconnecter automatiquement du réseau en cas de sous-fréquence, indépendamment du point de raccordement.
- (2) Le tableau 4 présente les principaux paramètres de protection. Les pompes doivent toujours être déclenchées avec les réglages prescrits, indépendamment des considérations liées aux charges de référence du réseau ou du raccordement au réseau.

Propriétés de protection	Paramètre	Réglage de l'appareil de protection
Courant de validation pour le déclenchement de la fréquence	--	$0,70 \cdot U_c$ U_c désigne la tension convenue Les tensions Ph-Ph sont à privilégier.
Protection de fréquence – palier 1	Fréquence	49,5 Hz
	Temporisation	< 9,9 s
Protection de fréquence – palier 2	Fréquence	49,2 Hz
	Temporisation	< 250 ms

Tableau 4: Recommandation relative aux réglages de protection des pompes

REMARQUE: on part de l'hypothèse que le temps propre du commutateur de puissance est inférieur à 100 ms.

- (3) La remise en circuit s'effectue en collaboration, concertation et coordination avec Swissgrid et les gestionnaires de réseau avoisinants, comme dans le cas d'un rétablissement du réseau.

16. Perspectives

- (1) La solution décrite dans le présent document améliore le fonctionnement du délestage automatique sur seuil de fréquence en tenant compte de l'actuelle structure des injections décentralisées. Elle peut être mise en œuvre à court terme.
- (2) Les perspectives laissent entrevoir une expansion des installations de production décentralisées, notamment dans le réseau basse tension. Cette évolution peut le cas échéant nécessiter un développement du concept décrit ici.
- (3) L'application d'autres critères, comme le gradient df/dt pour les fonctions de protection systémique, doit également être examinée. Au moment de renouveler les appareils de protection, il est recommandé de choisir des modèles déjà équipés de la fonction df/dt .
- (4) Afin de garantir une norme minimale non discriminatoire, les futurs appareils de protection devraient comporter au moins huit paliers de fréquence pour qu'à l'avenir, chaque groupe de réseau UFLS puisse être affecté à tous les groupes de délestage. Les huit paliers de fréquence peuvent également être mis en place au moyen d'une commutation de paramètres.



17. Références

/1/ ENTSO-E Operation Handbook, Policy 5, Emergency Operations, V3, 16.09.2015
https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/SOC/Continental_Europe/oh/20150916_Policy_5_Approved_by_ENTSO-E_RG_CE_Plenary.pdf

Ordonnance sur l’approvisionnement en électricité (OApEI) du 14 mars 2008 (état au 1er janvier 2016)
<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20071266/index.html>

VDN-Richtlinie für digitale Schutzsysteme
https://www.vde.com/de/fnn/dokumente/documents/richtlinie-digitale-schutzsysteme_vdn2003-11.pdf

Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen
http://www.strom.ch/fileadmin/_migrated/content_uploads/Leitfaden_Schutzsysteme_Anhang_CH_01.pdf

