Documentation Technique de Référence

Article 8.3.5 – Cahier des Charges des capacités constructives de l'Installation de consommation ~~[Nom de l'Installation]~~

Version 0.~~7~~6 applicable à compter du ~~12~~30/0~~9~~5/2023

61 pages

Commenté [A1]: *Les CG sont les mêmes pour tous les clients*

Projet

Cahier des charges des Capacités Constructives
Conditions générales
Installation de consommation

Projet

Ce document définit les capacités constructives demandées par RTE pour une Installation de consommation, en cohérence avec le règlement UE n° 2016/1388 de la Commission établissant un code de réseau sur les exigences applicables au raccordement au réseau des Installations de consommation d'électricité (Code DCC), le Code de l'énergie, l'arrêté du 09 juin 2020 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement aux réseaux d'électricité ainsi qu'avec la Documentation Technique de Référence.

Ce document est~~peut être~~ accompagné par des conditions particulières permettant de préciser les paramètres spécifiques au projet et en particulier les éléments liés au contrôle de conformité.

Les données notées [..] sont définies dans les conditions particulières du projet

Indice	Date	
0.6	12/05/2023	Version initiale validée en interne RTE pour lancement de la concertation
0.7	30/09/2023	Versions pour la consultation~~oste concertation~~

SOMMAIRE

SOMMAIRE 3
1. Objet du document 4
2. Définitions 5
3. Exigences generales 9
3.1 Plages de fonctionnement en fréquence et en tension 9
3.1.1 Régimes exceptionnels en fréquence 9
3.1.2 Régimes exceptionnels en tension 9
3.1.3 Ecarts combinés Fréquence/Tension 10
3.2 Capacité en réactif 10
3.3 Exigences en matière de protection 12
3.4 Exigences en matière de contrôle commande et échange d'informations 12
3.5 Déconnexion et reconnexion 13
3.6 Perturbations 14
3.6.1 A-coup de tension (notamment au couplage) : 14
3.6.2 Papillotement : 15
3.6.3 Déséquilibre : 15
3.6.4 Harmoniques en courant : 16
3.6.5 Tensions harmoniques 16
3.7 Réseau séparé 23
3.8 Taux de variation de la puissance active 23
3.9 Capacité à supporter des vitesses de variation de la fréquence (RoCoF) 23
3.10 Non déclenchement sur surtension 24
3.11 Mode de réglage restreint à la sous-fréquence (mode LFSM-U) 25
3.12 Non déclenchement sur creux de tension 26
3.13 Modèles 27
3.13.1 Modèle de type « phaseur » 28
3.13.2 Modèle détaillé pour l'étude des transitoires électromagnétiques 29
4. Exigences applicables aux unités de consommation utilisEEs par une Installation de consommation pour fournir des services de participation active de la demande 32
4.1 Exigences applicables aux unités de consommation fournissant un réglage de la puissance active, un réglage de puissance réactive et le traitement des contraintes de transit 32
4.1.1 Capacité à moduler la consommation active d'une unité pour résoudre des contraintes réseau. 32
4.1.2 Capacités en puissance réactive 33
4.1.3 Réglage primaire de tension 34
4.1.4 Réglage secondaire de tension 36
4.2 Exigences applicables aux unités de consommation fournissant un réglage de la fréquence 38
4.3 Exigences applicables aux unités de consommation fournissant un réglage rapide de la fréquence 38
5. Echanges d'informations 39
6. Système de protection 40
7. Fiches de Contrôle avant l'acces définitif au reseau 41
8. Références 42
9. Liste des annexes 43
ANNEXE 1 : Principes de calcul des marges de stabilité 44
1. Définitions 44
1.1 Boucle de régulation 44
1.2 Marges de stabilité 44
2. Principe des mesures des marges de modules 45
ANNEXE 2 : Définitions des caractéristiques de la réponse à un échelon 46

Projet

1. OBJET DU DOCUMENT

Les exigences de conception et de fonctionnement pour le raccordement au Réseau Public de Transport (RPT) d'une Installation de consommation constituent les caractéristiques techniques minimales auxquelles doit satisfaire cette Installation de consommation.

L'objectif de ces exigences est de permettre au gestionnaire de réseau de transport d'assurer le respect de ses engagements vis-à-vis de tout utilisateur du réseau et d'assurer la sûreté de fonctionnement du RPT.

~~Ce document est le cahier des charges des capacités constructives pour le [*nouveau raccordement/ la modification*] de l'Installation de consommation [*Nom de l'Installation*] située sur la commune de [*Nom de la commune*] au poste de [*Nom du poste RTE*]. Cette Installation dispose des unités de consommations suivantes [Nom Unité 1], [Nom Unité 2] et [Nom Unité 3].~~

~~Il renvoie, le cas échéant,~~

- ~~Au Cahier des Charges des performances du système de protection~~
- ~~Au Cahier des Charges pour le raccordement au système de téléconduite de RTE~~
- ~~A la Convention d'Exploitation et de Conduite~~

~~de l'Installation de consommation [*Nom de l'Installation*].~~

Pour rappel, les modifications substantielles d'une Installation de consommation sont définies dans l'article 5.2 de la DTR.

Les exigences de raccordement établies dans le présent document s'appliquent : (i) aux nouvelles Installations de consommation raccordées à un réseau de transport et (ii) aux nouvelles unités de consommation utilisées par une Installation de consommation ou par un réseau fermé de distribution pour fournir par exemple des services de participation active de la demande à RTE.

Ce cahier des charges est applicable à la maille de l'Installation. En termes d'applicabilité, il y a deux types d'exigences :

- Celles qui sont applicables à la maille de l'Installation ; elles devront être validées quel que soit le nombre d'unités de consommation.
- Celles qui sont applicable à la maille de l'unité : elles devront être validées et spécifiées à la maille de l'unité de consommation. S'il y a plusieurs unités, les paragraphes concernés seront alors dupliqués.

Dans le cas d'une mise en service progressive de l'Installation de consommation :

Le consommateur et RTE ont convenu d'une mise en service progressive. Les exigences décrites dans le présent document sont celles attendues pour la totalité de l'Installation.

L'ensemble des prescriptions contenues dans les textes réglementaires ne sont pas systématiquement reprises dans ce document, mais sont néanmoins applicables et requises par RTE.

Projet

2. DEFINITIONS

Les définitions introduites par les codes DCC sont rappelées ci-après :

- **Installation de consommation** : une Installation qui consomme de l'énergie électrique et qui est raccordée à un ou plusieurs points de raccordement avec le réseau de transport ou de distribution. Un réseau de distribution et/ou les alimentations auxiliaires d'une unité de production d'électricité ne constituent pas des Installations de consommation.

- **Installation de consommation raccordée à un réseau de transport** : une Installation de consommation qui dispose d'un point de raccordement avec un réseau de transport.

- **Puissance maximale en soutirage** : la puissance active maximale sans limitation de durée qu'une Installation de consommation raccordée à un réseau de transport ou une Installation d'un réseau de distribution raccordée à un réseau de transport peut soutirer sur le réseau au point de raccordement, telle que spécifiée dans la convention de raccordement ou telle que convenue entre, d'une part, le gestionnaire de réseau compétent et, d'autre part, le propriétaire de l'Installation de consommation raccordée à un réseau de transport ou le gestionnaire de réseau de distribution dont le réseau est raccordé à un réseau de transport, respectivement. Sans précisions supplémentaires de la part de RTE mentionnées dans la convention de raccordement cette grandeur correspond à la puissance de raccordement de l'Installation de consommation (Pracc) définie dans [2].

- **Unité de consommation** : un ensemble indivisible d'éléments comprenant des équipements pouvant être régulés de façon active par le propriétaire d'une Installation de consommation ou par un GRFD[1], soit individuellement, soit collectivement dans le cadre de l'agrégation de la demande par un tiers. $P_{max_unité}$ est la consommation active maximale de cette unité de consommation.

  Pour les Installations de consommation comportant plus d'une unité de consommation, ces unités sont considérées comme une seule unité si leur exploitation n'est pas possible de façon indépendante ou si elles peuvent raisonnablement être considérées comme combinées entre elles.

  Les exigences applicables à la maille de l'unité de consommation doivent être respectées quel que soit le schéma de raccordement au sein de la même Installation. Par exemple le respect des exigences ne doit pas dépendre de l'état de fonctionnement ou à l'arrêt d'une unité de consommation partageant le même point de raccordement.

- **Pmin unité (Pmin unité) :** la puissance active minimale à laquelle l'unité de consommation peut fonctionner (jusqu'à laquelle l'unité de consommation peut fournir du réglage de puissance active).

- **Minimum technique** de l'unité de consommation (ou Minimum technique) : La puissance active minimale nécessaire pour assurer la sécurité des biens et des personnes d'une unité de consommation et pour laquelle cette même unité peut fonctionner de manière stable sans limitation de durée. Sur demande de RTE, des justificatifs techniques devront être fournis afin de motiver cette valeur.

- **Unité de consommation interfacée au RPT via de l'électronique de puissance :** c'est une unité dont le processus industriel est connecté au système électrique via de l'électronique de puissance, i.e., via onduleurs, redresseurs et convertisseurs (par exemple : station de

Commenté [A2]: *Pour la concertation-> Article 2 du code DCC*

Commenté [A3]: *Pour la concertation-> Article 2 du code DCC*

Commenté [A4]: *Pour la concertation-> Article 2 du code DCC*

[1] Gestionnaire d'un réseau fermé de distribution

Projet

recharge de véhicule électrique, électrolyseur et data center). Cette définition est valable et applicable pour les raccordements directs ou indirects.

- **Les services de participation active de la demande** : ils sont fournis aux gestionnaires de réseau et sont différenciés selon les catégories suivantes :
  - contrôlables à distance: (i) réglage de la puissance active par la participation active de la demande; (ii) réglage de la puissance réactive par la participation active de la demande; (iii) traitement des contraintes de transit par la participation active de la demande;
  - contrôlables de manière autonome: (i) réglage de la fréquence du réseau par la participation active de la demande; (ii) réglage très rapide de la puissance active par la participation active de la demande.

Commenté [A5]: *Article 27 du code DCC*

Les définitions introduites par l'arrêté du 9 juin 2020 sont rappelées ci-après :

- **Point de raccordement** : il désigne l'ensemble des points d'interface par lesquels l'Installation de production, de consommation ou le réseau de distribution est raccordé à un réseau public de transport ou à un réseau public de distribution et figurant dans la convention de raccordement. Dans le cas d'une Installation de production d'électricité, le point de raccordement permet l'évacuation de la puissance active maximale de l'Installation indiquée par le producteur, y compris pour les sites définis aux articles D.342-15-3 et D.342-15-6 de la partie réglementaire du code de l'énergie. Les points d'interface coïncident avec les limites de propriété entre les ouvrages électriques de l'Installation et les ouvrages électriques appartenant au réseau public de transport ou de distribution d'électricité auquel elle est raccordée.
  Sauf mention contraire les exigences sont dues aux points de raccordement de l'Installation.

- **"Puissance active maximale de soutirage d'une Installation de consommation Psoutirage"** : valeur contractuelle précisée dans la convention de raccordement définissant la puissance active maximale que soutirera l'Installation au point de raccordement au réseau public de transport.

- **Module de tension :**

  Dans ce document le module de la tension correspond à la tension RMS (*Root Mean Square*) prise entre phases (tension composée).

- **Insensibilité :**

  La caractéristique intrinsèque du système de contrôle-commande spécifiée sous forme « de la grandeur minimale » de la variation de fréquence ou du signal d'entrée qui aboutit à une modification de la puissance ou du signal de sortie.

Projet

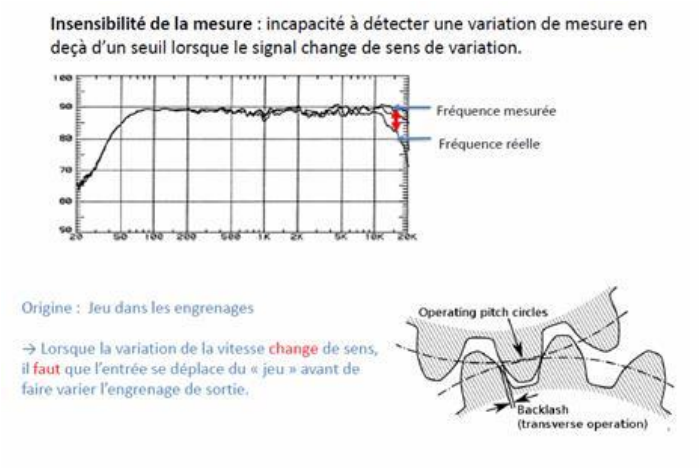
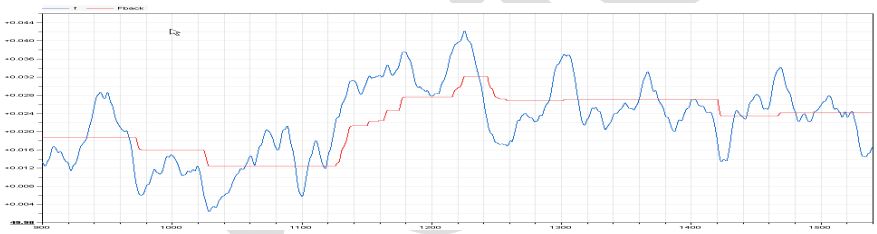


Figure 1 : Insensibilité

Sur la fréquence cela se traduit par un filtrage des petites variations.



Cet effet de filtrage peut s'apparenter à une bande morte dynamique qui se déplace avec la valeur de la fréquence, elle est donc beaucoup plus efficace. De plus on ne retrouve pas l'effet de seuil observé autour de 50 Hz comme avec la bande morte classique.

- **Bande morte** :
  Intervalle utilisé volontairement pour « neutraliser » le réglage de la fréquence

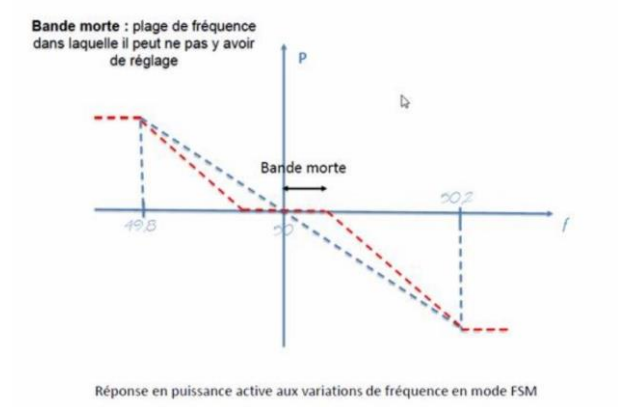


Figure 2 : Bande morte

Références :

- Code DCC [1] art. 2 « Définitions ».
- Arrêté du 9 juin 2020 [2] art. 1

Projet

3. EXIGENCES GENERALES

3.1 Plages de fonctionnement en fréquence et en tension

[Champ d'application : si l'Installation est nouvelle ou modifiée substantiellement (au sens DCC, i.e., article 152 de l'arrêté)[2]]

3.1.1 Régimes exceptionnels en fréquence

L'Installation de consommation est capable de rester connecté au réseau et de fonctionner dans les plages de fréquence et pendant les durées spécifiées ci-dessous :

Plage de variation de la fréquence	Durée minimale de fonctionnement
[47,5 Hz ; 48,5 Hz[	30 min
[48,5 Hz ; 49 Hz[	30 min
[49 Hz ; 51 Hz]	Illimitée
]51 Hz ; 51,5 Hz]	30 min

Le fonctionnement de l'Installation dans ces conditions ne doit pas impacter le comportement de la consommation active. Pour les excursions hors du domaine [49 Hz ; 51 Hz], une tolérance de 5% de la consommation initiale, i.e., avant la variation de la fréquence, est acceptée.

Commenté [A6]: code DCC article 12
Arrêté 2020 article 153

Référence :

- Code DCC [1] art. 12

3.1.2 Régimes exceptionnels en tension

L'Installation de consommation est capable de rester connectée au réseau et de fonctionner dans les plages de tension (au point de raccordement) et pendant les durées spécifiées ci-dessous :

HTB3

Pour le niveau 400 kV : 1 pu = 400 kV

	Plage de tension en pu (base 400 kV)	Durée minimale de fonctionnement
Plage normale	[0.9 pu - 1.05 pu]	Illimitée
Plage exceptionnelle haute	]1.05 pu - 1.10 pu]	20 minutes

HTB2

Pour le niveau 225 kV : 1 pu = 220 kV

[2] *Attention : conformément à la délibération n°2020-184 de la CRE, lors de l'ajout de nouveaux moyens de production sur une installation de consommation, en date du 16 juillet 2020, l'ensemble des exigences du code DCC s'appliques aux parties neuves de l'installation.*

Projet

	Plage de tension en pu (base 220 kV)	Durée minimale de fonctionnement
Plage normale	[0.9 pu - 1.118 pu]	Illimitée
Plage exceptionnelle haute	]1.118 pu - 1.15 pu]	20 minutes

Le fonctionnement de l'Installation dans ces conditions ne doit pas impacter le comportement de la consommation active. Pour les excursions hors des plages normales, une tolérance de 5% de la consommation initiale, i.e., avant la variation de la tension, est acceptée.

Références :

- Code DCC [1] art. 13

Tension de raccordement inferieur à 110kV

	Plage de tension en pu	Durée minimale de fonctionnement
Plage normale	[0.9 pu-1.118 pu]	Illimité
Plage exceptionnelle haute	]1.118 pu-1.15 pu]	*60 min*

3.1.3 Ecarts combinés Fréquence/Tension

En cas de simultanéité des valeurs exceptionnelles de la fréquence sur le réseau public de transport d'électricité et de la tension au point de raccordement, la durée de fonctionnement requise est la plus courte de celles admises pour ces deux situations.

Références :

- Code DCC [1] art. 12 et art.13

3.2 Capacité en réactif

Commenté [A7]: *Le Code DCC et l'arrêté*

[Champ d'application : si l'Installation est nouvelle ou modifiée substantiellement (au sens DCC, i.e., article 152 de l'arrêté)]

Tout point de fonctionnement de l'Installation de consommation en régime permanent à son point de raccordement doit se situer dans une plage de puissance réactive spécifiée ci-dessous :

- Pour le soutirage de puissance réactive, la limite est fixée à 30 % de la Puissance de raccordement de l'Installation de consommation.
- Pour l'injection de puissance réactive, la limite est fixée à 15 % de la Puissance de raccordement de l'Installation de consommation.

Projet

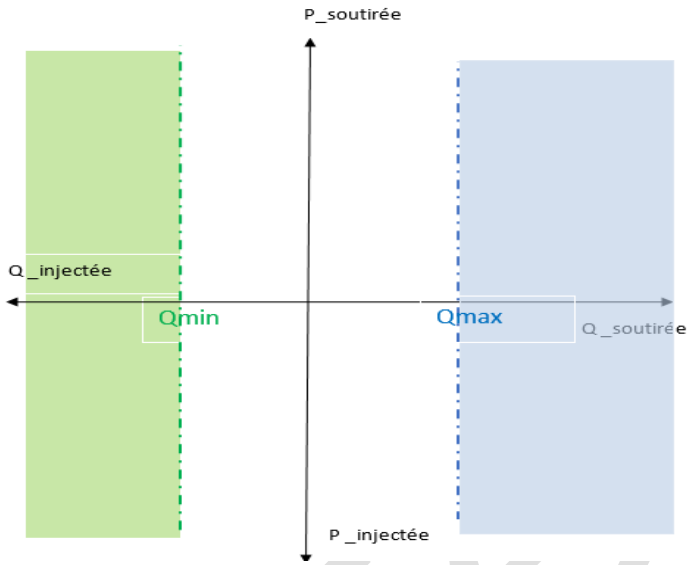


Figure 3 : Diagramme P-Q d'une Installation de consommation (Qmax=30%Parcc et Qmin= 15%Pracc)

Par défaut c'est le digramme de la Figure 3 qui s'applique. Le Client et le GRT peuvent convenir du diagramme, dit sablier, défini ci-dessous (Figure 4) en remplacement du diagramme de la Figure 3. Dans ce cas ΔQ est égale à ±5% Pracc.

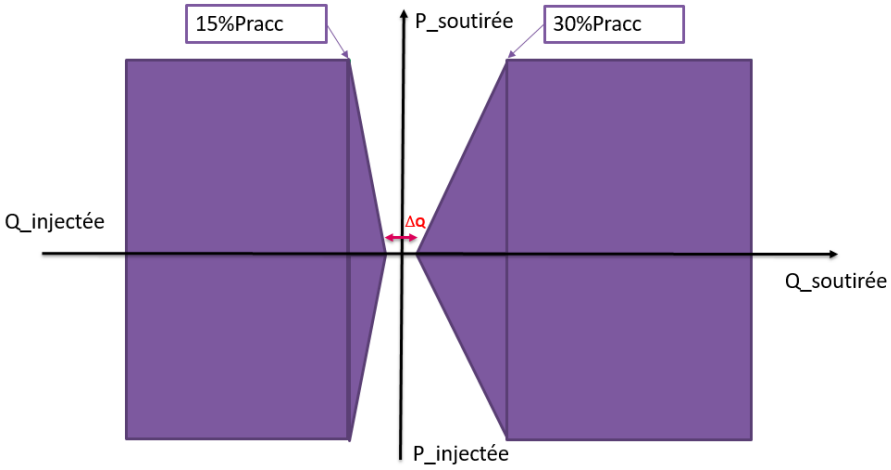


Figure 4 : Digramme sablier

Quel que soit le digramme choisi :

Les valeurs exigées en ce qui concerne la capacité en puissance réactive sont satisfaites au point de raccordement. Par voie de dérogation, lorsqu'un point de raccordement est partagé entre une unité de production d'électricité et une unité de consommation, des exigences équivalentes sont satisfaites au point défini dans les ~~accords ou la règlementation applicable~~conditions particulières du cahier des charges des capacités constructives.

Le diagramme doit être respecté dans les plages de fonctionnement normales et exceptionnelles de la tension.

Références :

- Code DCC [1] art. 15

3.3 Exigences en matière de protection

[Champ d'application : si l'Installation est nouvelle ou modifiée substantiellement (au sens DCC, i.e., article 152 de l'arrêté)]

Les informations relatives à la contribution en courant de court-circuit de l'Installation de consommation sont collectées lors de la demande de raccordement.

Sur la base de la capacité nominale de tenue aux court-circuits des éléments de son réseau de transport, RTE spécifie dans le cahier des charges des performances du système de protection (Article 8.26 de la DTR) le courant maximal de court-circuit au point de raccordement que l'Installation de consommation doit être capable de supporter, ainsi qu'une estimation des contributions minimale et maximale en courant de court-circuit attendues.

RTE et le propriétaire de l'Installation de consommation s'accordent à propos de toute modification affectant les systèmes de protection pour l'Installation de consommation, et conviennent des modalités applicables aux systèmes de protection de ladite Installation ou dudit réseau.

La protection électrique de l'Installation de consommation raccordée à un réseau de transport prévaut sur les commandes d'exploitation, compte tenu de la sûreté de fonctionnement du réseau, ainsi que la santé et la sécurité du personnel et du public.

La réponse du consommateur pour démontrer sa conformité vis-à-vis des performances attendues se fera via le contrôle de conformité (fiche E3 de l'étape 1 du contrôle de conformité).

Références :

- Code DCC [1] art. 16

Commenté [A8]: et Arrêté 2020 article 108

3.4 Exigences en matière de contrôle commande et échange d'informations

[Champ d'application : si l'Installation est nouvelle ou modifiée substantiellement (au sens DCC, i.e., article 152 de l'arrêté)]

Les prescriptions ou exigences fonctionnelles concernant le raccordement et l'échange d'informations de téléconduite sont présentées dans le cahier des charges pour le raccordement au système de téléconduite de RTE de l'Installation (Article 8.25.2 de la DTR). Ce document, comme le cahier des charges des capacités constructives, est annexé à la convention de raccordement.

En ce qui concerne l'ordre de priorité entre le système de protection et le contrôle-commande, le propriétaire de l'Installation de consommation règle les dispositifs de protection et de contrôle-

Projet

commande de son Installation de consommation, conformément à l'ordre de priorité suivant, par ordre décroissant d'importance :

a) protection du réseau de transport ;

b) protection de l'Installation de consommation raccordée à un réseau de transport ;

c) réglage de la fréquence (ajustement de la puissance active) ;

d) limitation de la puissance.

La réponse de l'Installation pour démontrer sa conformité vis-à-vis des performances attendues se fera via le contrôle de conformité (fiches E4 de l'étape 1, I9 de l'étape 2 et F1 de l'étape 3).

Référence :

- Code DCC [1] art. 17 & art. 18

Commenté [A9]: et Arrêté 2020 article 113

3.5 Déconnexion et reconnexion

Commenté [A10]: *Article 113 de l'arrêté du 9 Juin 2020 Objectif : Eviter les écroulements en fréquence et en tension. AMU (automate maque de tension) pour la reconstitution du réseau après une coupure généralisée.*

[Champ d'application : si l'Installation est nouvelle ou modifiée substantiellement (au sens DCC, i.e., article 152 de l'arrêté)]

Le consommateur doit équiper son Installation d'automates permettant un délestage sélectif de ses charges en cas de baisse excessive de la fréquence et/ou de la tension.

1. Les capacités fonctionnelles de déconnexion en fréquence basse de l'Installation de consommation doivent répondre aux exigences suivantes :

- ✓ assurer la déconnexion de la charge nette avec un temps de fonctionnement ne devant pas dépasser 150 ms après le franchissement du seuil de fréquence, ce temps de fonctionnement comprenant la mesure de la fréquence et le traitement de l'information (mais sans prise en compte du temps d'ouverture du disjoncteur) ;
- ✓ la plage de fréquence : au minimum entre 47 et 50 Hz, ajustable par pas de 0,05 Hz;
- ✓ sauf avis contraire de RTE, le consommateur doit prendre en compte le sens de la puissance active (injection ou soutirage) au point de raccordement, i.e., l'Installation de consommation n'est pas délestée si elle injecte de la puissance active au point de raccordement.

2. Les seuils de délestage en tension seront élaborés en cohérence avec les exigences du paragraphe 3.1.2 (Régimes exceptionnels en tension) et le paragraphe 3.12 (tenue aux creux de tension) :

- ✓ Les seuils seront précisés dans la Convention d'Exploitation et de Conduite de l'Installation de consommation. Par défaut le consommateur doit disposer de deux seuils de délestage sur critère tension, le premier correspond à un seuil de délestage de 50% de Pmax (ou de la puissance de raccordement) et le second correspond au délestage de la totalité de la charge ou jusqu'à l'atteinte du minimum technique de l'unité (ou de l'Installation de consommation).
- ✓ Les temps de fonctionnement sont les mêmes que ceux utilisés pour le délestage sur critère fréquence, à savoir, 150 ms sans prise en compte du temps d'ouverture du disjoncteur.
- ✓ La mise en œuvre peut se faire par un relais ou sur ordre de la salle de contrôle.
- ✓ La surveillance de la tension se fait sur les trois phases. Le critère exact sera précisé dans Convention d'Exploitation et de Conduite de l'Installation (ex : minimum des trois phases ou la moyenne).

De même, afin de maitriser les conséquences d'un éventuel incident sur la sureté du système électrique, le consommateur doit prévoir :

1. s'il en a convenu avec RTE, des dispositifs de déconnexion particuliers fonctionnant en cas de manque de tension généralisé (ex des AMU),
2. et un dispositif de délestage télécommandé à partir du centre de conduite du réseau public de transport. Par défaut le consommateur doit disposer d'au moins un seuil de délestage

Projet

correspondant au délestage de la totalité de la charge ou jusqu'à l'atteinte du minimum technique de l'unité (ou de l'Installation de consommation). Dans tous les cas, les conventions de raccordement et d'exploitation fixent les modalités, notamment les seuils et les délais de mises en œuvre.

Par ailleurs, tout client qui est raccordé sur une file de renvoi de tension (RvU) ou Ossature des phases initiales du Plan de Reconstitution de Réseau, est soumis aux dispositions supplémentaires (détaillés lors du processus de raccordement), par exemple (liste non exhaustive) :

- ✓ si les études électrotechniques montrent qu'il n'y a aucune solution rendant compatible le raccordement avec le RvU / Ossatures, RTE doit le refuser.
- ✓ des exigences particulières de résilience en cas de blackout concernant l'observabilité et télécommandable de leurs équipements (AMU, disjoncteur, ...) permettant la séparation du réseau ainsi leur capacité à être joignable rapidement
- ✓ la consignation de l'ouvrage de raccordement doit être programmée dans le respect des obligations de RTE relatifs à la disponibilité des scénarios de renvoi de tension et des ossatures
- ✓ se soumettre aux interruptions relatives aux essais de renvoi de tension de l'article 6.4 des Conditions Générales du Contrat d'Accès au RPT pour les Consommateurs ;

Commenté [A11]: *Exigences sur les Files de renvoi de tension : reconstitution de réseau en cas d'incident de grande ampleur (blackout).*

L'Installation de consommation doit être conçue de telle sorte qu'en cas de déconnexion fortuite du réseau public de transport d'électricité suite à l'apparition d'un phénomène affectant ce réseau elle puisse se reconnecter dans le meilleur délai au réseau à la demande de RTE dès que ce phénomène a cessé.

L'Installation de systèmes de reconnexion automatique est soumise à l'autorisation préalable de RTE, dans ce cas la Convention d'Exploitation et de Conduite précisera les modalités de fonctionnement et de mise en service de l'automate.

Conformément à l'article 113 de l'arrêté raccordement du 9 juin 2020, ce dispositif ne peut pas être requis lorsque l'interruption de la fourniture d'électricité est susceptible de créer un risque pour la sécurité publique, d'entraîner la destruction de l'outil de travail ou quand la répartition des charges de l'Installation ne permet pas de procéder à des délestages partiels.

Référence :

- Code DCC [1] art. 19
- Code E&R [4] art.15 et 17

Commenté [A12]: Et Arrêté 2020 article 113

3.6 Perturbations

[Champ d'application : si l'Installation est nouvelle ou modifiée substantiellement (au sens DCC, i.e., article 152 de l'arrêté)]

Conformément à l'article 111 de l'arrêté du 9 juin 2020 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement aux réseaux d'électricité, les perturbations provoquées par l'Installation de consommation, mesurées au point de raccordement, ne doivent pas excéder les valeurs limites autorisées ci-dessous.

Toutefois, dans les situations où la puissance de court-circuit du réseau public de transport au point de raccordement est inférieure aux valeurs de référence suivantes : 400 MVA en HTB1, 1 500 MVA en HTB2 et 7 000 MVA en HTB3, les limites de perturbation de la tension tolérées sont multipliées par le rapport entre ces valeurs de référence et la puissance de court-circuit effectivement fournie, sauf dans le cas des courants et des tensions harmoniques dont les limites ne sont pas modifiées.

3.6.1 A-coup de tension (notamment au couplage) :

Hors à-coup consécutif à un défaut d'isolement éliminé dans les temps prescrits, la fréquence et l'amplitude des à-coups de tension engendrés par l'Installation en son point de raccordement doivent être inférieures ou égales aux valeurs délimitées par la courbe amplitude-fréquence ci-dessous fondée

Projet

sur la publication CEI 61000-2-2, édition de 1990. L'amplitude de tout à-coup créé au point de raccordement ne doit pas excéder 5 % de la tension du point de raccordement (3 % en HTB3).

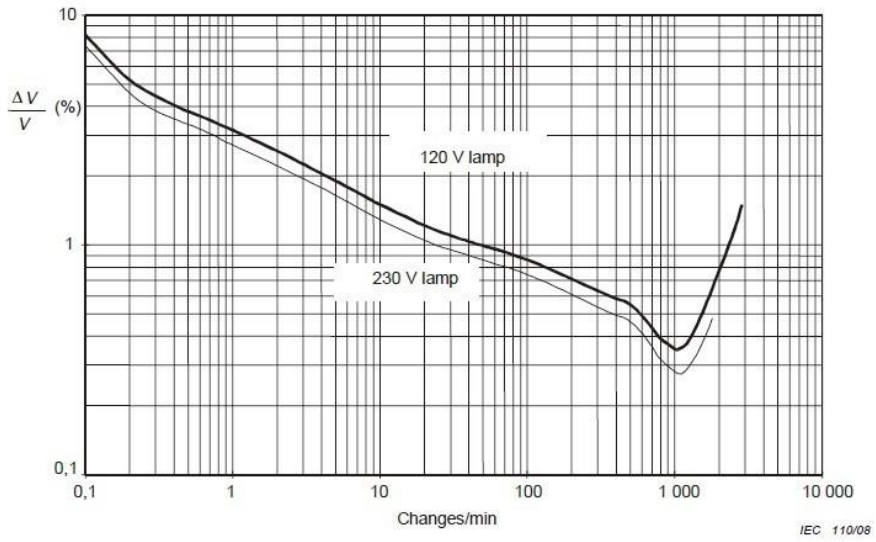


Figure 5 : à-coup de tension

Référence :

- Code DCC [1] art. 20

3.6.2 Papillotement :

Les fluctuations de tension engendrées par l'Installation doivent rester à un niveau tel que le Pst (tel que défini dans la publication CEI 61000-4-15) mesuré au point de raccordement reste inférieur à 1 (0,6 en HTB3).

Commenté [A13]: code DCC article 20
Arrêté 2020 article 111

Référence :

- Code DCC [1] art. 20

3.6.3 Déséquilibre :

Pour une Installation de consommation dont la charge monophasée équivalente est inférieure ou égale à 4 MVA en HTB1 et à 15 MVA en HTB2, aucune disposition particulière n'est à prendre. Pour une Installation de consommation dont la puissance est supérieure, l'exploitant prend toutes dispositions pour que celle-ci ne provoque pas un taux de déséquilibre supérieur à 1% (ou 0,6% en HTB3).

Commenté [A14]: code DCC article 20
Arrêté 2020 article 111

Référence :

- Code DCC [1] art. 20

3.6.4 Harmoniques en courant :

Courants harmoniques maximaux $I_{hn\ max} = k_n \frac{Ss}{\sqrt{3}Un}$

Où Un est la valeur (en kV) de la tension nominale au point de raccordement ; Ss est égale à la puissance apparente (en MVA) correspondant à la puissance de soutirage Psoutirage tant que Ss reste inférieure à 5% de la Scc (en MVA), sinon Ss est prise égale à 5% de Scc

kn un coefficient de limitation défini en fonction du rang n de l'harmonique :

Rangs impairs	k_n	Rangs pairs	k_n		k_n
3	6,5 %	2	3,00%	Taux global	8,00%
5 et 7	8 %	4	1,50%	$Tg = \sqrt{\sum_{n=2}^{40} k_n^2}$	
9	3 %	>4	1,00%		
11 et 13	5 %				
> 13	3,00%				

Ces valeurs sont multipliées par 0,6 pour les Installations raccordées en HTB3.

Commenté [A15]: code DCC article 20
Arrêté 2020 article 111

Référence :

- Code DCC [1] art. 20

3.6.5 Tensions harmoniques

[CONDITION D'APPLICATION : sur demande de RTE]

Les exigences déclinées dans ce paragraphe s'appuient sur les documents [6] et [7].

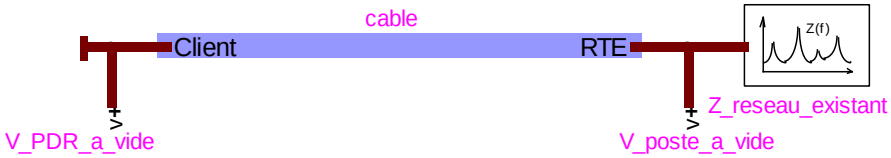
L'approche proposée comporte deux étapes, la première concerne RTE (cf 3.6.5.1) : RTE étudie le raccordement à vide et détermine les limites de tensions harmoniques que devra respecter l'Installation connectée (raccordement en charge[3]). La seconde étape concerne le client (cf 3.6.5.3) : le client réalise l'étude harmonique de son Installation et vérifie que les limites sont respectées. A la mise en service, des essais de conformité sont réalisés pour vérifier le respect de ces mêmes limites.

3.6.5.1 Etude réalisée par RTE

RTE estime par une étude les niveaux d'harmoniques et le taux de distorsion harmonique (THD) qui seront atteints après les travaux de raccordement (ouvrages de raccordement sous tension), et avant la mise sous tension des ouvrages du client consommateur. Elle permet d'évaluer les niveaux harmoniques sans les ouvrages du client consommateur.

[3] Une liaison de raccordement peut avoir 3 états différents:
- hors tension: les 2 DJ sont ouverts
- sous tension à vide : 1 DJ est ouvert, l'autre est fermé
- en service, ou pas abus de langage "en charge" : les 2 DJ sont fermés

Projet



Il s'agit de vérifier que les niveaux obtenus (hx_{RTE}) présentent une marge suffisante par rapport aux seuils de tension V_{global}[4] et par rapport aux seuils de THD globaux. Cette marge permettra, après connexion du client, d'absorber les harmoniques émises et amplifiées par le raccordement.

Rang	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
V_{global} (%)	3	4	2	4	1	4	1	2	1	3	1	3

Rang	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
V_{global} (%)	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1.5	1	1.5	0,5

Rang	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
V_{global} (%)	0,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5

Rang	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
V_{global} (%)	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5

THD_{global} [%]	$THDpair_{global}$ [%]
5	1

Les THD correspondent aux formules ci-dessous (avec V_h la tension harmonique de rang h):

$$THD_{tension} = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} V_h^2}$$

$$THD_{tension\ pair} = \sqrt{\sum_{h=1}^{25} V_{2h}^2}$$

La marge est adaptée selon le raccordement (nombre de clients) et selon le rang harmonique considéré, cette marge correspond aux seuils V_{marge} pour chaque rang harmonique et THD_{marge}, ils doivent vérifier les équations suivantes :

Équation 1 $\boldsymbol{V_{marge} < V_{global}\ ; THD_{marge} < THD_{global}}$

Équation 2 $\boldsymbol{V_{PDR\ à\ vide} = hx_{RTE} < V_{marge}\ ;\ THD_{PDR\ à\ vide} = THD_{RTE} < THD_{marge}}$

Équation 3 $\boldsymbol{V_{Poste\ RTE\ à\ vide} < V_{marge}}$

[4] Les valeurs des seuils V_{global} sont issues des niveaux de tensions de l'article 99 de l'arrêté raccordement du 9 juin 2020 où elles étaient données à titre indicatif.

Projet

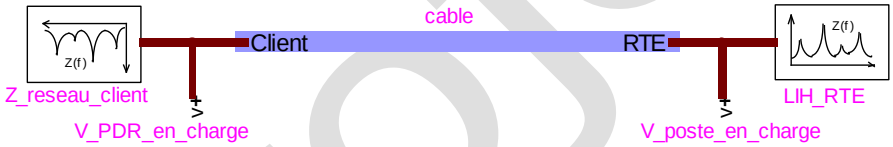
$V_{PDR\ à\ vide}$ correspond à la tension harmonique au Point De Raccordement (PDR).
$V_{Poste\ RTE\ à\ vide}$ correspond à la tension harmonique au poste de raccordement, défini comme le premier nœud du réseau contenant des départs ne faisant pas partie du raccordement.
V_{marge} correspond au niveau maximal que RTE pourra atteindre dans son étude harmonique à vide (s'il le dépasse, RTE prendra les dispositions permettant d'abaisser le niveau sous le V_{marge}). Ce niveau permet d'assurer que la limite imposée au client restera sous la limite V_{global}. Par exemple, dans la Figure 6du §3.6.5.2, le V_{marge} est de 3% : si on prolongeait la courbe verte, elle dépasserait le V_{global} ce qui n'est pas acceptable.
Une définition mathématique du V_{marge} peut être donnée : il s'agit de l'abscisse du point d'intersection de la droite de limite imposée au client (équation 5 ou 6 selon les cas de figure) avec la droiteV_{global}.

Si un ou plusieurs rangs dépassent V_{marge}, RTE prend les dispositions permettant d'abaisser les niveaux de ces derniers en-dessous de V_{marge}.

Ces niveaux calculés, à savoir hx_{RTE} et THD_{RTE}, sont transmis au client avec des Lieux d'Impédance Harmoniques (LIH), qui décrivent le comportement harmonique du réseau vu du PDR.

3.6.5.2 Limite en tension

Cette exigence en tension à destination du client, s'applique pour les rangs 2 à 50, en limite de propriété (au PDR), par sous-ensembles de Points d'Interface reliés au même poste électrique.



La limite autorisée au client est déterminée à partir du niveau calculé lors de l'étude RTE, faite avec raccordement à vide (hx_{RTE}). Les hx sont exprimés en % de la tension nominale fondamentale.

La limite est obtenue en multipliant le niveau estimé au PDR (hx_{RTE}) par un facteur d'amplification et en ajoutant un incrément correspondant à l'émission propre de l'Installation. On utilise l'Équation 4~~Équation 4~~, l'Équation 5~~Équation 5~~ ou l'Équation 6~~Équation 6~~ selon le rang et le niveau rencontré.

Ainsi, quand les niveaux hx_{RTE} sont suffisamment bas, la limite est :

Équation 4 $$hx_{LIMITE} = \frac{2 \times hx_{RTE} + V_{global}}{3} = hx_{RTE} + \frac{1}{3}\left(V_{global} - hx_{RTE}\right)\ (fraction)$$

Pour des niveaux hx_{RTE} plus hauts, la limite est :

Équation 5 $$hx_{LIMITE} = 1.2 \times hx_{RTE} + 0.2\%\ [pour\ les\ rangs\ x < 15]\ (affine)$$

Équation 6 $$hx_{LIMITE} = 1.5 \times hx_{RTE} + 0.2\%\ [pour\ les\ rangs\ x \geq 15]$$

a mis en forme : Police :Tahoma, 10 pt, Non Gras
a mis en forme : Police :Tahoma, 10 pt, Non Gras
a mis en forme : Police :Tahoma, 10 pt, Non Gras

Projet

Les équations 4, 5 et 6 sont représentées respectivement en Orange, et Vert sur la Figure 6 : Limites client en tension (pour une limite V_{global} à 4%)~~Figure 6 : Limites client en tension (pour une limite V_{global} à 4%)~~Figure 6 et la Figure 7. Leurs plages d'utilisation permettent de garantir la continuité des limites hx_{LIMITE} fixées par RTE, quels que soient les niveaux hx_{RTE}. Le passage du seuil haut au seuil bas se fait à l'intersection des courbes des équation 4 et 5 (rangs< 15) ou équations 4 et 6 (rangs ≥ 15).

Une fréquence inter-harmonique est une fréquence non multiple de la fréquence fondamentale (50Hz). Pour les inter-harmoniques, la limite est :

Équation 7 $$interhx_{LIMITE} = 0.2\%$$

Le THD (calculé jusqu'au rang 50 en tenant compte des inter-harmoniques si existantes) peut augmenter dans la limite de ($THD_{RTE} = THD_{PDR\ à\ vide}$) :

Équation 8 $$THD_{LIMITE} = 1.2 \times THD_{RTE} + 0.2\%$$

Équation 9 $$THD_{pair\ LIMITE} = 1.2 \times THD_{pair\ RTE} + 0.2\%$$

Les Equation 4 et 5 sont présentées sur la Figure 6, avec une limite V_{global} de 4% (cas du rang 3, 5 ou 7) :

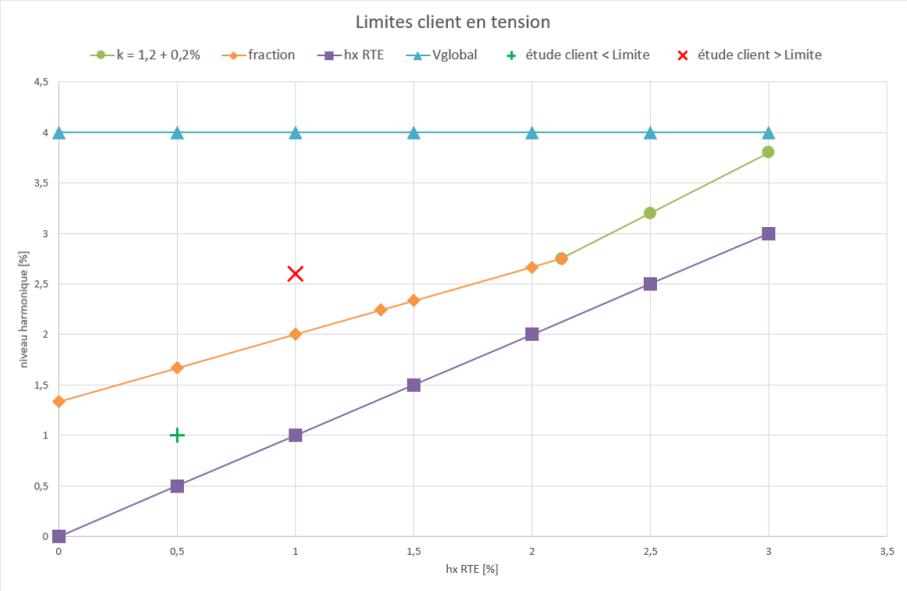


Figure 6 : Limites client en tension (pour une limite V_{global} à 4%)

Les Equation 4 et 6 sont présentées sur la Figure 7, avec une limite V_{global} de 2% (cas du rang 17, 19) :

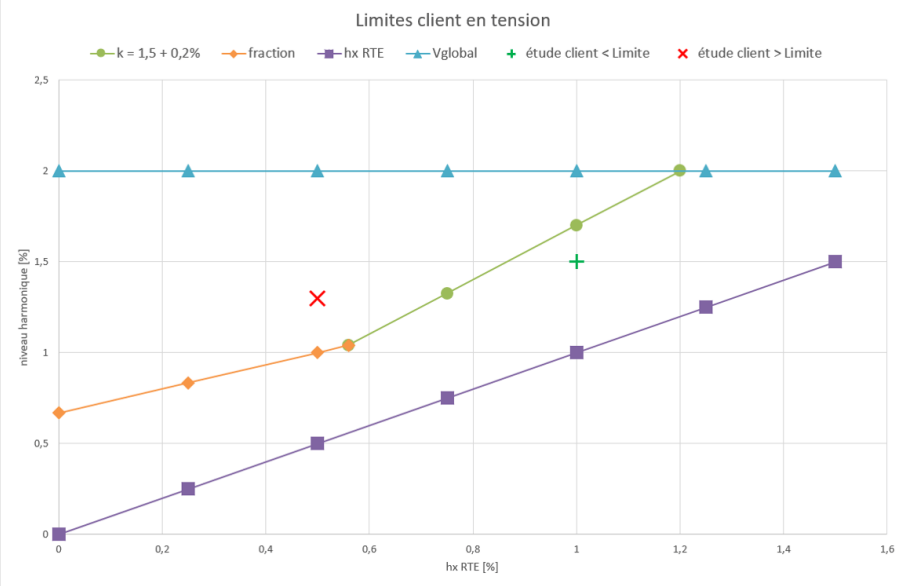


Figure 7 : Limites client en tension (pour une limite V_{global} à 2%)

3.6.5.3 Etude réalisée par le client

L'étude du client présente pour chaque rang, le niveau agrégé de perturbation en détaillant notamment :

- le phénomène d'amplification (effet de résonance) des niveaux harmoniques préexistants,
- les émissions propres du client (causées par les convertisseurs à base d'électronique de puissance par exemple).

De façon à tenir compte du foisonnement des sources, l'agrégation des phénomènes peut se faire suivant la formule :

	Rang harmonique	α
$U_h = \sqrt[\alpha]{\sum_i U_{hi}^{\alpha}}$	$h < 5$ $5 \leq h \leq 10$ $h > 10$	1 1,4 2

On peut expliciter la formule :

Équation 9

$$U_{h_{aggrégé}} = \begin{cases} U_{h_{amplification}} + U_{h_{émission\ client}} & (h < 5) \\ \sqrt[1.4]{\left(U_{h_{amplification}}\right)^{1.4} + \left(U_{h_{émission\ client}}\right)^{1.4}} & (5 \leq h \leq 10) \\ \sqrt{\left(U_{h_{amplification}}\right)^{2} + \left(U_{h_{émission\ client}}\right)^{2}} + & (h > 10) \end{cases}$$

Les niveaux $U_{h_{aggrégé}}$ obtenus sont à comparer aux hx_{LIMITE} transmises par RTE.

RTE pourra demander à consulter le rapport d'études du client, en particulier pour un raccordement de plusieurs clients (§3.6.5.4).

Proj

Des essais à la mise en service (étape 3) permettront de s'assurer du respect de l'augmentation totale par rapport à la situation ou l'Installation déconnectée. Les essais se déroulent en 2 phases :

A. Mesure en l'absence de l'Installation client (raccordement à vide) : vérifier que les niveaux à vide sont bien inférieurs à ceux déterminés par RTE dans son étude (si ce n'est pas le cas, à RTE d'y remédier).
B. Mesure en présence de l'Installation client (raccordement en charge) : vérifier que les niveaux en charge sont bien inférieurs aux limites fixées par RTE dans son étude (si ce n'est pas le cas, au client d'y remédier).

3.6.5.4 Connexion de plusieurs clients au même poste

Dans le cas où deux clients souhaitent être raccordés simultanément ou dans des délais proches, RTE coordonne les études des deux clients et peut décider de réaliser une étude complète afin d'intégrer les contributions des différents acteurs, et d'évaluer si des interactions harmoniques peuvent survenir. Cette étude éventuelle nécessite la transmission des caractéristiques des Installations clients à RTE.

RTE évaluera dans quel cas on se trouve parmi ceux présentés ci-dessous :

CAS 1: Raccordement des clients en simultané :

Dans ce cas :

1. RTE transmet à chaque client les données prévues ainsi que les limites à respecter en tension et en courant.
2. Chaque client transmet à RTE, dès qu'elles sont connues, les caractéristiques de ses Installations.
3. Chaque client fait l'étude tenant compte du réseau RTE (LIH) et de son propre raccordement, sans tenir compte de l'autre client.
4. Si besoin, RTE réalise une étude globale permettant d'agréger les contributions des différents acteurs, et d'évaluer si des interactions harmoniques peuvent survenir.
   En cas d'interactions identifiées par RTE les Parties se rapprochent dans les meilleurs délais pour rechercher une solution adaptée.

CAS 2: Raccordement des clients en décalé :

Dans ce cas la séquence est la suivante :

1. RTE transmet au client A (qui arrive en premier) les données prévues ainsi que les limites à respecter en tension et en courant.
2. Le client A transmet à RTE, dès qu'elles sont connues, les caractéristiques de ses Installations
3. Le client A réalise l'étude de son propre raccordement, sans tenir compte de l'autre client
4. Le client A est mis en service
5. Le client B transmet à RTE, dès qu'elles sont connues, les caractéristiques de ses Installations
6. RTE transmet au client B les données prévues en intégrant dans le LIH les données du client A. Ainsi les données du client A sont « anonymisées » (le client B ne pourra pas les récupérer dans le LIH)
7. Le client B réalise l'étude de son propre raccordement. L'étude tient donc compte des 2 clients
8. Si besoin, RTE réalise une étude globale permettant d'agréger les contributions des différents acteurs, et d'évaluer si des interactions harmoniques peuvent survenir.

A noter que l'étape 5 peut démarrer avant que l'étape 4 ne soit terminée. En principe l'étape 6 ne peut se faire qu'après la fin de l'étape 4 (pour obtention des mesures au PDR). Si l'étude client A est jugée de qualité suffisante par RTE, elle peut être utilisée pour anticiper l'étape 6 et transmettre des mesures au PDR calculées (et pas mesurées). Si nécessaire, les limites fixées au 2ème client seront ré évaluées par RTE après la mise en service du 1er client.

Projet

3.6.5.5 Connexion d'un même client sur plusieurs Points d'Interface (PI)

Si un client prévoit de se raccorder selon plusieurs Points d'Interface (PI), il devient délicat pour RTE de calculer les LIH vus à chacun des PI. En effet, le LIH du PI N°1 (flèche rouge ci-dessous) est influencé par le PI N°2, et donc par le client qui y est raccordé, dont RTE n'a pas encore les caractéristiques. Dans ce cas, RTE transmet le LIH vu du poste électrique RTE voisin (flèche verte ci-dessous), ainsi que les éléments nécessaires (schémas RTE, caractéristiques électrotechniques) à la modélisation des raccordements par le client.

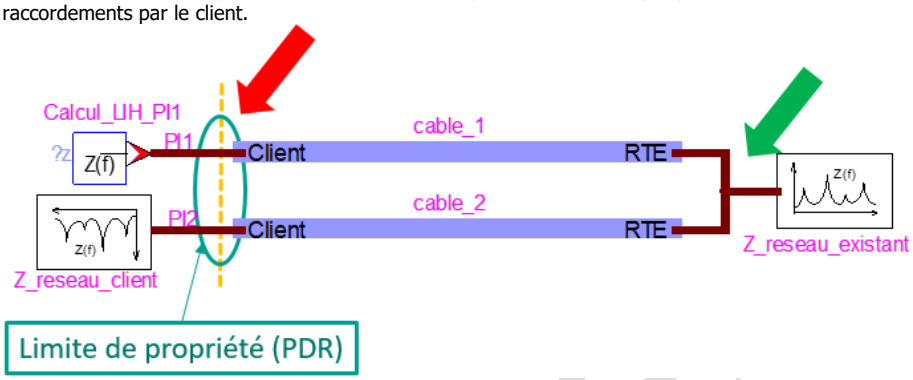


Figure 8 : Point de Raccordement (PDR) et Point d'Interface (PI)

Dans le cas d'un raccordement en HVDC avec plusieurs PI, cette influence est très limitée (découplage par les liaisons à courant continu), il suffit alors de transmettre un LIH par PI et le schéma d'exploitation.

3.6.5.6 Transmission des données

RTE communique au consommateur les données relatives à son étude au plus tard et à la dernière des deux dates suivantes :

- date de la signature de la convention de raccordement
- ou 36 mois avant l'EON[5].

Les données transmises sont :

- Lieux d'Impédances Harmoniques (LIH) décrivant le comportement électrotechnique du réseau de transport
- Niveaux calculés lors de l'étude RTE : hx_{RTE} (une valeur par rang)
- Limites à respecter par le client :
  - Tensions harmoniques hx_{LIMITE}
  - Tensions inter-harmoniques $interhx_{LIMITE}$
  - Taux de distorsion harmonique THD_{LIMITE}
  - Taux de distorsion harmonique pair $THD_{pair\ LIMITE}$
  - Courants harmoniques (limites actuelles) I_{LIMITE}

Un temps d'échange technique peut être prévu entre le client et RTE. C'est l'occasion pour RTE de présenter les résultats de l'étude à vide, ainsi que les données transmises au client. Le client peut à son tour présenter les données qu'il prévoit d'utiliser et la méthode d'étude.

Même si le client détermine librement le moment de réalisation de l'étude, il est fortement conseillé de mener l'étude harmonique avant l'achat des matériels du client.

[5] EON : energisation operational notification (mise sous tension du réseau interne du client et de ces auxiliaires.

Proje

Sur demande du client, des mesures harmoniques au poste de raccordement (ou au poste le plus proche en cas de poste neuf) seront transmises par RTE au moment de la signature de la convention de raccordement.

Référence :

- Code DCC [1] art. 20
- CEI 61000-3-6 [6]
- IEEE 519 [7]

3.7 Réseau séparé

Le gestionnaire du réseau public de transport et le consommateur, ainsi que les consommateurs concernés, doivent apprécier au préalable si l'Installation est susceptible de fonctionner en réseau séparé viable de petite taille incluant des ouvrages du réseau public de transport. Le fonctionnement d'un tel réseau est subordonné à l'acceptation par le producteur et les consommateurs concernés de la responsabilité des incidents qui peuvent avoir lieu durant ces périodes et des répercussions possibles sur la qualité de l'alimentation.

La convention d'exploitation et de Conduite de l'Installation doit préciser les situations éventuelles pouvant initier ce fonctionnement en réseau séparé de petite taille, séparé du réseau interconnecté, et les rôles des opérateurs concernés. Les réglages des protections de l'Installation doivent tenir compte du fonctionnement en réseau séparé.

Commenté [A16]: Arrêté 2020 article 115

Référence :

- Arrêté du 9 juin 2020 [2] art. 115

3.8 Taux de variation de la puissance active

[Condition d'application : unité de consommation]

RTE fixera dans la Convention d'Exploitation et de Conduite la limite maximale du taux de variation de la puissance active (limites de rampe), aussi bien dans le sens d'une hausse que d'une baisse de la consommation de puissance active pour une unité de consommation d'électricité, compte tenu des spécificités du processus industriel.

Le respect de ces rampes ne doit pas réduire les performances des ordres de sauvegardes. En effet ces rampes ne doivent pas entraver le fonctionnement des exigences du paragraphe 3.5.

La rampe demandée par RTE permettra de participer aux mécanismes proposés par le marché sauf en cas de risque sur la sureté système et sur la sécurité des biens et des personnes.

3.9 Capacité à supporter des vitesses de variation de la fréquence (RoCoF[6])

[Condition d'application : unité de consommation interfacée au RPT via de l'électronique de puissance]

L'unité de consommation doit rester connectée et continuer à fonctionner tant que la fréquence du réseau varie à une vitesse inférieure ou égale à :

+/– 2 Hz/s en moyenne sur une fenêtre glissante de 500 ms.

Toute précision de la mesure de variation de fréquence supérieure à +/- 1 mHz/s sur une fenêtre glissante de 500 ms devra être justifiée par des éléments techniques. Cette exigence doit être valide pour tous les points de fonctionnement de la tension et de la fréquence dans les domaines normales et

[6] RoCoF : Rate of Change of Frequency

Projet

exceptionnels, et à minima validée pour le point de fonctionnement suivant : la tension est égale à 1 pu au point de raccordement et la consommation de l'unité doit être à sa valeur maximale. Ci-dessous le profile à respecter

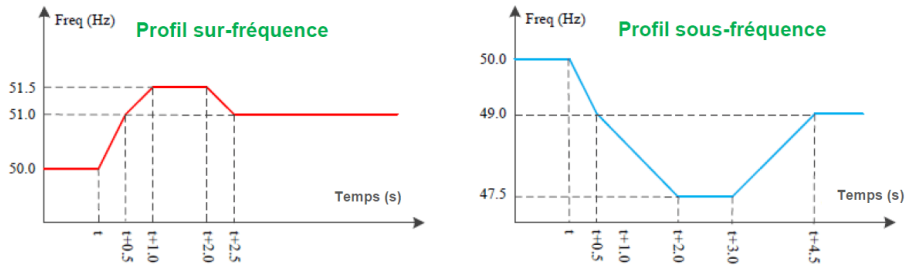


Figure **9** : Profil à tenir en sous fréquence et en sur fréquence

Référence :

- Code DCC [1] art. 28

3.10 Non déclenchement sur surtension

[Condition d'application : unité de consommation interfacée au RPT via de l'électronique de puissance]

Pour toute surtension causée par un défaut triphasé ou monophasé au point de raccordement (tension RMS composée à la fréquence fondamentale) d'amplitude inférieure ou égale au gabarit ci-dessous l'unité de consommation ne doit pas déclencher.

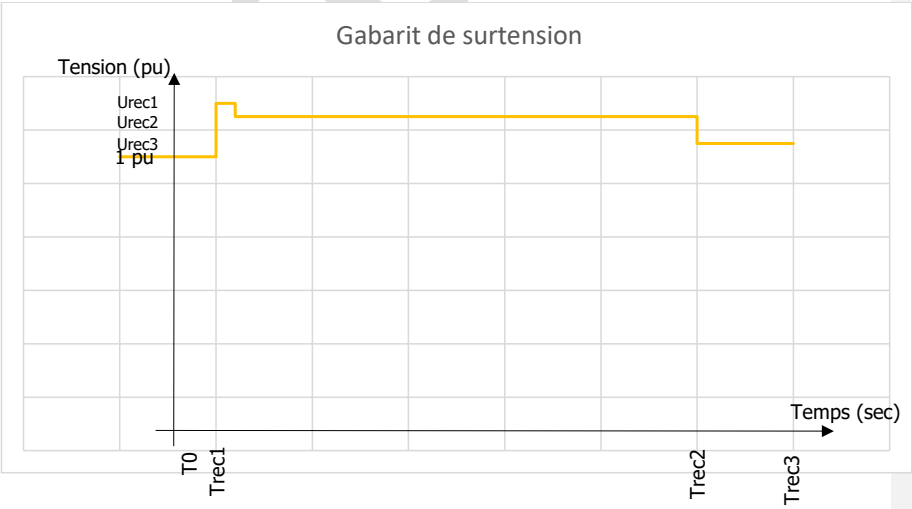


Figure 10 : Gabarit de surtension

Paramètres de tension (pu)		*Paramètres de temps (sec)*	
Urec1	***1.3***	***T0***	***0***
Urec1	***1.3***	***Trec1***	***0.1***
Urec2	***1.25***	***Trec2***	***2.5***
Urec3	***1.15 (et 1.1 pour le 400kV)***	***Trec3***	***30***

3.11 Mode de réglage restreint à la sous-fréquence (mode LFSM-U[7])

[Condition d'application : unité de consommation interfacée au RPT via de l'électronique de puissance]

Commenté [A17]: •*Article 15 d'E&R : « Le système de réglage automatique de la sous-fréquence du plan de défense du réseau comporte un système de déconnexion automatique de la charge nette en fréquence basse et les valeurs du mode de réglage restreint à la sous- fréquence (LFSM-U) dans la zone de réglage fréquence-puissance (RFP) du GRT. »*

En cas de baisse de la fréquence, l'unité doit pouvoir baisser sa consommation de puissance active (voir Figure 11).

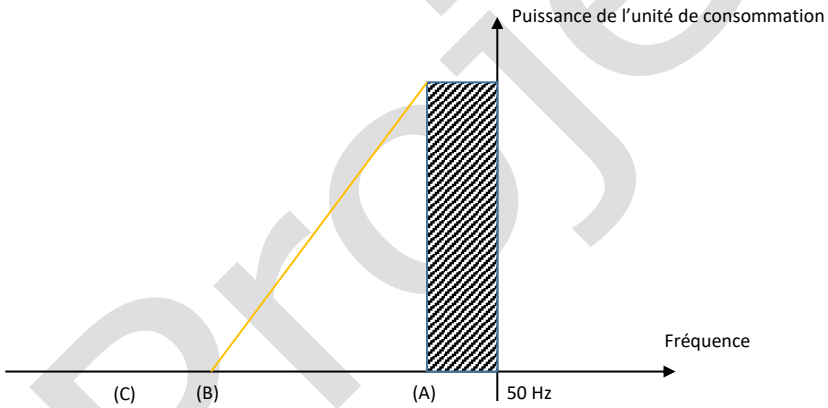


Figure 11 : Fonctionnement du LFSM-U

L'unité doit donc disposer d'une capacité constructive de réglage restreint à la sous-fréquence (mode LFSM-U) caractérisée par :

- Le point (A), de Figure 11, correspond au seuil d'activation (par défaut 49.8 Hz).
- Le point (C), de la Figure 11, correspond au premier seuil de délestage fréquencemetrique, ces seuils sont précisés dans la déclinaison nationale du code européen E&R [4].
- Le point (B) de la Figure 11, il correspond à la fréquence à laquelle la consommation de l'unité doit être égale à zéro *ou à un minimum technique* que déclare le consommateur dans la fiche E1. La fréquence correspondant au point B (f_B) doit être nécessairement supérieure à la fréquence f_C correspondant au point (C).
- Une loi de réglage permettant de définir la réponse à la variation de fréquence à la baisse.

7 *LFSM-U :* Limited Frequency Sensitive Mode – Underfrequency

Projet

- Une dynamique temporelle (délai d'activation et de réponse)

En mode LFSM-U, l'unité est capable de fonctionner de manière stable et aucune consigne antagoniste ne peut être envoyée. En particulier, en cas d'atteinte du seuil d'activation, le mode LFSM-U est prioritaire lorsque les réserves primaire ou secondaire de fréquence n'ont pas été totalement libérées.

L'unité doit être en mesure d'assurer le réglage restreint à la sous-fréquence dans toutes les configurations.

Avec les compléments suivants :

- Seuil d'activation (f_2) :

  Le seuil doit être réglable entre 49,5 Hz et 49,8 Hz. Ce seuil est réglé par défaut à 49,8 Hz.

- Loi de réglage :

  La loi de réglage doit être telle que pour tout échelon négatif de fréquence $\Delta f = f - f_2$, l'unité doit être capable de baisser sa consommation, par rapport à la consommation avant franchissement du seuil d'activation, de la valeur de $K_{LFSM}.\Delta f$, dans la limite du minimum technique du processus industriel.
  L'unité doit conserver la même pente K_{LFSM} pendant toute l'activation.
  La valeur par défaut de K_{LFSM} est calculée à partir de la Figure 11 ($P_{max\ unité}/(f_A-f_B)$) et doit être déclarée à RTE dans la fiche E1.

  Lorsque la fréquence remonte vers 50 Hz, le contrôle commande doit demander à l'unité d'augmenter la consommation active selon la même pente K_{LFSM}.

Dynamique temporelle

Le délai d'activation $t_{a\ LFSM-U}$ doit être déclaré à RTE dans la fiche E1. Ce délai doit être aussi court que possible. Dans le cas où il est supérieur à 2s, les justifications techniques doivent être transmises à RTE.

La durée d'activation complète doit être aussi courte que possible, elle doit être précisée dans la fiche E1. Elle doit respecter les conditions mentionnées dans le paragraphe 3.8. La durée d'activation doit être inférieur à 5s. Une durée plus grande doit être justifiée.

Lorsque la fréquence est remontée au-dessus du seuil d'activation f_2, l'unité peut rejoindre son programme de consommation avec une rampe $Ramp_{lfsm}$. $Ramp_{lfsm}$ est à préciser dans la fiche E1 et elle doit respecter les conditions mentionnées dans le paragraphe 3.8.

Le principe de l'article 113 de l'arrêté raccordement du 9 juin 2020 a été reconduit dans ce paragraphe, i.e., ce dispositif ne peut pas être requis lorsque la baisse de la consommation atteint un seuil susceptible de créer un risque pour la sécurité publique, d'entraîner la destruction de l'outil de travail ou quand la répartition des charges de l'Installation ne permet pas de procéder à cette baisse de consommation.

Référence :

- Code E&R [4] art. 15

3.12 Non déclenchement sur creux de tension

[Condition d'application : unité de consommation interfacée au RPT via de l'électronique de puissance]

Pour tout creux de tension symétrique ou dissymétrique d'amplitude supérieure ou égale au gabarit ci-dessous (composante directe de la tension phase-phase donnée au point de raccordement de l'installation), l'unité de consommation ne doit pas déclencher.

Projet

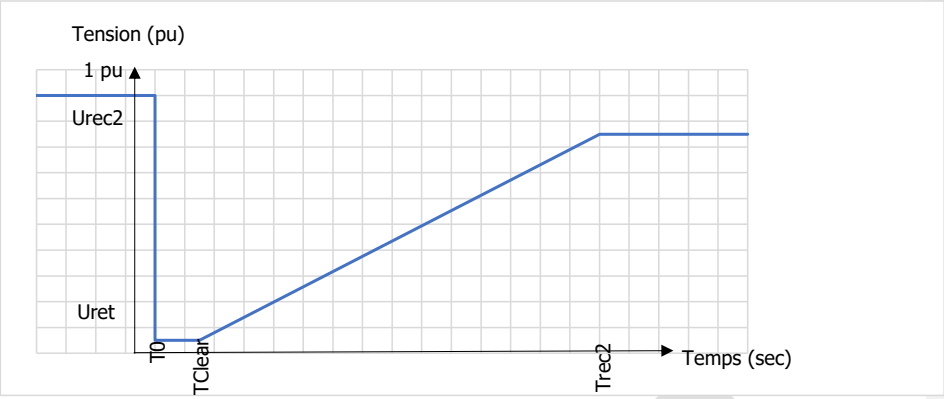


Figure 12 : Gabarit de creux de tension types

Tableau 1 : Paramètres du gabarit de creux de tension

Paramètres de tension (pu)		***Paramètres de temps (sec)***	
Uret	***0.05***	***T0***	***0***
Uret	***0.05***	***Tclear***	***0.15***
Urec2	***0.90***	***Trec2***	***1.15***

L'unité de consommation doit respecter les points suivants :

1. L'unité doit rester stable et couplée au réseau pendant et après le creux de tension.
2. Si la puissance active de l'unité baisse lors du creux de tension, celle-ci doit rester au niveau atteint jusqu'à satisfaction des critères du point 3 mentionné ci-dessous.
3. L'unité de consommation retrouve à minima 90 % de son programme ,
   - après que la tension au point de raccordement passe au-dessus de 0.9 Un pendant 300 ms et
   - en suivant une rampe de 0.5 Pmax/s.

RTE et le client peuvent convenir de spécifications dont les conséquences sont équivalentes sur la stabilité du système électrique dans le cas où l'unité de consommation dispose de capacités constructives d'injection de courant réactif en cas de creux de tension. Ces spécifications seraient déclinées en cohérence avec la norme NF EN 50549-2.

3.13 Modèles

Le client doit fournir à RTE les données et les modèles pour la réalisation d'études dynamiques permettant de simuler le comportement de son Installation.

Le client doit fournir les données générales suivantes :

a. La description du processus industriel et notamment ses impacts sur les grandeurs électriques (U, I, P et Q) en régime permanent et en régimes transitoires : les rampes

Projet

minimales et maximales de P et de Q (à déclarer dans la fiche E1), la périodicité des appels de charges, les phénomènes oscillatoires entre 0.05 Hz et 50 Hz, etc…

b. La description des éventuelles corrélations ou liens avec d'autres Installations de consommation ou d'autres unités de production, par exemple : un électrolyseur met en service son processus si un parc ENR produit et il ne peut pas consommer plus que la production de ce parc.

c. Les caractéristiques électriques détaillées des équipements utilisés (ex : les différents types de charges de l'Installation: électronique de puissance ou/et machine asynchrone, la technologie d'électronique de puissance utilisée (VSC ou LCC),…).

3.13.1 Modèle de type « phaseur »

[Condition d'application : à la demande de RTE]

Pour tous les projets de raccordement au RPT, le client fournit à RTE un modèle de simulation dynamique (dans le domaine temporel) de type phaseur (ou RMS) de l'Installation de consommation.

Le modèle phaseur de l'Installation de consommation doit être indépendant des outils de simulation (logiciel) dans le but de permettre à RTE son implémentation dans l'outil de simulation de sa préférence et sa maintenance dans le temps. Par conséquent, un fichier compilé (boîte-noire) ou un modèle digital sur un logiciel commercial n'est pas recevable.

Le modèle phaseur attendu est alors « ouvert ». Il consiste en une description de la structure et des valeurs numériques de paramètres associés:

- D'une part aux composants électriques constitutifs de l'Installation de consommation (machines et/ou convertisseurs, transformateur, représentation simplifiée des auxiliaires, moyens de compensation le cas échéant, etc…)
- D'autre part, aux différentes fonctionnalités du système de contrôle-commande et protections.

Pour ces derniers, il s'agit typiquement des différents régulateurs (de puissance, courant, tension et/ou fréquence, en régime normal et perturbé), des protections et des automates. Ils doivent être représentés par des schémas de principe, par exemple sous forme de schémas blocs usuellement utilisés en automatique. Des explications sur les grandeurs et relations représentées dans le modèle doivent être fournies, de même que les considérations à prévoir pour assurer une initialisation correcte du modèle – quel que soit le point de fonctionnement de l'Installation.

Le niveau de détail du modèle phaseur doit permettre la réalisation des études relatives à la stabilité en tension, de fréquence, et à la stabilité transitoire des grands systèmes électriques (phénomènes électromécaniques). Le modèle concerne la composante directe (ou de séquence positive) à la fréquence fondamentale. Il doit être en mesure de reproduire fidèlement le comportement de l'Installation de consommation sur les variations de programme ou autres consignes, ainsi que dans le cas de perturbations côté réseau de transport telles que des court-circuits, des reports de charges (changement topologique, perte d'unité(s) de production ou d'autre(s) installation(s) de

Projet

consommation), des oscillations de puissances, des battements de tension, ou des situations de réseaux séparés, etc.

En particulier, le modèle phaseur ouvert fourni à RTE doit inclure tout système qui pourrait s'activer sur événement réseau et entrainer comme conséquence une variation de puissance active et/ou réactive soutirée ou l'éventuelle déconnexion de l'Installation de consommation. Ceci inclut à minima :

- les dispositifs de délestage sélectif décrits dans le paragraphe 3.5 ;
- les protections de sous/surtension devant agir conformément aux exigences des paragraphes 3.10 et 3.12 (i.e. ne pas déclencher dans les conditions de sous/surtension présentées dans ces paragraphes);
- le contrôle de retour de puissance après défaut (décrit dans le paragraphe 3.12, si applicable) ;
- la fonctionnalité LFSM-U décrite dans le paragraphe 3.11.
- Si l'Installation de consommation injecte du courant de défaut, les équations décrivant sa nature doivent être incluses.
- Si l'Installation de consommation fournit des services de participation active de la demande tels que décrits dans le paragraphe 4, les détails des différents régulateurs susceptibles d'être utilisés en exploitation doivent être fournis (différents modes de contrôle disponible et conditions d'activation/déactivation, lois de commande, sets de paramètres, traitement de l'information, ex. filtrages et délai de mesures, performances dynamiques attendus, etc.).
- Si le transformateur possède un régleur en charge, sa représentation doit-être incluse dans le modèle phaseur.

Afin de pouvoir réaliser des études en amont du raccordement de l'Installation, ces informations sont transmises à RTE dans la fiche E1 du Cahier des charges capacités constructives en 3 étapes :

- **des données préliminaires** au plus tard 18 mois avant la 1ère injection.
- **des données consolidées** au plus tard 8 mois avant la 1ère injection, si une mise à jour s'avère nécessaire à ce stade.
- **des données finales :** au moment de l'accès définitif au réseau, si une mise à jour est nécessaire.

A la demande de RTE, la validité du modèle phaseur ouvert dans le domaine requis devra être démontrée par un rapport de validation du modèle phaseur. A ces fins, des grandeurs obtenues par simulation (puissances, tensions, courants) seront comparées aux signaux de référence caractérisant les performances dynamiques de l'Installation de consommation (simulation EMT et/ou enregistrements obtenus lors d'essais en usine ou à la mise en service).

Référence :

- Code DCC [1] art. 21

3.13.2 Modèle détaillé pour l'étude des transitoires électromagnétiques

[Condition d'application : à la demande de RTE]

Ces modèles doivent représenter fidèlement le comportement transitoire (phénomènes de dynamique rapide pour des fréquences allant de 0.2 Hz jusqu'à 10 kHz) en régime direct, inverse et homopolaire. Les modèles doivent permettre de réaliser *a minima* :

- les études de phénomènes sous-synchrones (interactions torsionnelles sous-synchrones avec le réseau de transport),
- les études de comportement de l'Installation sur défaut et de transitoires électromagnétiques rapides,
- les études harmoniques,
- des études d'interactions de contrôle commande.

Projet

Afin de pouvoir réaliser des études en amont du raccordement de l'Installation, le consommateur doit fournir ces données en 2 étapes :

- **des données préliminaires** doivent être fournies à RTE au plus tard 18 mois avant la 1ère injection.
- **des données consolidées** doivent être fournies à RTE au plus tard 8 mois avant la 1ère injection.
- **des données finales :** au moment de l'accès définitif au réseau, si une mise à jour est nécessaire.

Description des données

On peut identifier plusieurs types de données que le client doit fournir à RTE :

a. Les caractéristiques électriques détaillées des équipements utilisés.

b. Le modèle numérique de contrôle commande et protection compatible avec le logiciel EMTP®

c. Le modèle type EMT utilisé pour les études de conception et de réglage de l'Installation (par exemple EMTP® ou PSCAD®).

Exigences sur les caractéristiques électriques détaillées des équipements

L'ensemble des caractéristiques des composants HT (transformateurs, câbles, systèmes de compensation et/ou de filtres, machines tournantes, convertisseurs à base d'électronique de puissance, parafoudres, etc.), doivent être fournies dans un document afin de permettre d'élaborer une modélisation de type EMT. Ces caractéristiques seront associées à un schéma unifilaire de l'Installation. Ces données ne doivent pas prendre en compte d'agrégation.

Exigences relatives aux modèles numériques de contrôle commande et protection

Les modèles détaillés des systèmes de contrôle commande peuvent contenir des données techniquement sensibles. C'est pourquoi seule la fourniture de ces modèles sous forme de "boîte noire", c'est-à-dire sous forme de code compilé, est requise (bibliothèque statique ou dynamique - pas d'exécutables). Une description simplifiée du contrôle commande sous forme de schéma bloc devra également être fournie, en complément de ces modèles. Ce schéma bloc (déjà demandé dans la fiche E1 pour l'étude des transitoires électromécaniques) permettra de comprendre les grandes fonctionnalités du système sans en révéler les parties industrielles sensibles.

Ces modèles de contrôle commande doivent permettre l'étude de transitoires électromagnétiques.

Les systèmes de protection ayant des constantes d'activation de moins de 100 secondes doivent être inclus dans le modèle.

Tous les retards, notamment ceux liés aux interfaces de communication, doivent être modélisés. Ces délais seront estimés dans un premier temps puis affinés lors des essais sur site.

Les éventuels signaux de consigne de tension, fréquence, puissance active et réactive venant de RTE vers les contrôleurs de l'Installation doivent être inclus dans le modèle.

Les modèles de système de contrôle commande et de protection doivent être générés à partir du code source du contrôleur et non à partir des composants de base du logiciel de simulation. Cette exigence vise à garantir la qualité du modèle. Le modèle des unités de traitement des mesures (PLL, calcul en composantes symétriques, calcul des puissances actives et réactives…) doivent suivre ce même principe. A titre illustratif deux exemples sont présentés ci-dessous.

- Si le modèle de contrôle commande est disponible dans le logiciel Matlab-Simulink, l'interface Simulink / EMTP-RV pourra être utilisée pour importer le modèle sous la forme de "boîte noire".

Projet

- Si le contrôle commande détaillé a été étudié initialement dans le logiciel PSCAD, l'interface PSCAD / EMTP-RV pourra être utilisée pour générer un modèle "boîte noire".

Remarque : RTE peut fournir un appui sur les conditions d'utilisation de ces interfaces.

Le modèle de contrôle connecté au modèle du circuit électrique de l'unité doit pouvoir s'initialiser (notamment atteindre le point de fonctionnement initial demandé) après moins de 3 secondes de simulation.

Exigences complémentaires relatives aux modèles EMT fournis

La modélisation des équipements électriques dans ces modèles doit être ouverte et accessible à l'utilisateur (pas de boîte noire).

Les éventuelles consignes de consommation en actif, en réactif, en tension et en fréquence devront être des paramètres réglables du modèle, et modifiables en cours de simulation.

Les modèles doivent pouvoir fonctionner et fournir des comportements valides à des pas de calcul multiples de 10 µs dans une plage de 10 µs à 50 µs afin de permettre les études d'interaction avec des équipements à base d'électronique de puissance raccordés à proximité. Si des licences particulières (autres que celles nécessaires à l'utilisation des outils de simulation de transitoires électromagnétiques) sont requises pour le fonctionnement des modèles, elles seront fournies par le client à RTE. Ces modèles doivent pourvoir être interfacés sous les environnements Windows et Linux.

Plusieurs instances d'un même système de consommation interfacées par de l'électronique de puissance doivent pouvoir coexister dans un même environnement afin de permettre à RTE de représenter l'ensemble de l'Installation de manière détaillée.

Par ailleurs, dans le cas où l'Installation de consommation possède des charges ou auxiliaires non interfacée par de l'électronique de puissance, une attention particulière devra être portée à leur modélisation (cf fiche I11).

Validation du modèle EMT

Le modèle EMT sera validé conformément aux fiches de validation I11 et F15.

La liste des signaux accessibles du modèle sera définie entre RTE et le client tout au long du processus de validation. Une proposition de liste de signaux minimale est :

- Tension et courant DC dans les convertisseurs
- Courants actifs et réactifs injectés par chaque convertisseur et calculés par le système de mesure
- Code d'erreur et d'état des systèmes de protection
- Consigne en puissance active, réactive, en tension, et en fréquence

Les exigences applicables à la qualité des enregistrements des Installations de consommation sont détaillées dans la fiche F15 (afin de comparer la réponse du modèle avec ces enregistrements).

Commenté [A18]: Article 21.5 DCC

Fourniture finale des modèles :

La fourniture finale doit comprendre :

- La version finale des modèles de type EMT : cette dernière version doit être approuvée par RTE sur la base de comparaisons avec des résultats obtenus lors des FAT sur le véritable contrôle-commande et des mesures réalisées dans l'Installation de ~~production~~ consommation au plus tard 1 mois après la réalisation des tests sélectionnés pour la validation du modèle de la fiche F15.
- Une documentation sur les modèles, entièrement sous format informatique (.pdf), incluant :

Projet

- les schémas simplifiés du système de contrôle-commande et de protection,
- une description détaillée des entrées et sorties des modèles un manuel d'utilisation (paramétrage, plages de valeurs autorisées, etc.)

- Un engagement du consommateur à garantir pendant toute la durée de vie de l'Installation le maintien de la similitude entre le contrôle-commande réel et les modèles fournis à RTE, sur les modifications impactant les performances de l'Installation de consommation. Des mises à jour des modèles et des données seront donc à fournir par le client pendant toute la durée de vie de l'Installation.

Référence :

- Code DCC [1] art. 21

4. EXIGENCES APPLICABLES AUX UNITES DE CONSOMMATION UTILISEES PAR UNE INSTALLATION DE CONSOMMATION POUR FOURNIR DES SERVICES DE PARTICIPATION ACTIVE DE LA DEMANDE

Les services de participation active de la demande fournis à RTE sont différenciés selon les catégories suivantes:

a) Contrôlables à distance :

i) réglage de la puissance active par la participation active de la demande ;

ii) réglage de la puissance réactive par la participation active de la demande ;

iii) traitement des contraintes de transit par la participation active de la demande.

b) Contrôlables de manière autonome :

i) réglage de la fréquence du réseau par la participation active de la demande ;

ii) réglage très rapide de la puissance active par la participation active de la demande.

Toutes les exigences concernant une Installation de consommation et qui sont mentionnées dans le paragraphe 3 sont applicable à toutes les unités fournissant des services de participation active à la demande de la même Installation de consommation.

4.1 Exigences applicables aux unités de consommation fournissant un réglage de la puissance active, un réglage de puissance réactive et le traitement des contraintes de transit

Ce paragraphe décline l'article 28 du code DCC**.**

4.1.1 Capacité à moduler la consommation active d'une unité pour résoudre des contraintes réseau.

L'objectif de la modulation de puissance est de lever des contraintes réseau qui pourraient remettre en cause la sûreté système et la sécurité des personnes et des biens.

En cas d'apparition de contraintes sur le réseau, celles-ci doivent être éliminées en un temps inferieur à [$T_{limitation}$], ce dernier dépend de la nature de la contrainte. La modulation devra donc être mises en œuvre en un temps inferieur ou égale à [$T_{limitation}$].

L'unité doit pouvoir baisser sa consommation active à une valeur inferieur ou égale à $P_{limitation}$ fournie par RTE.

Projet

Dans le cas où cette modulation n'est pas faisable sous les conditions mentionnées par RTE (respect de $T_{limitation}$ et $P_{limitation}$), la séparation du réseau pourrait être demandée.

Cette demande se fait par téléphone, par le système de transmission d'ordres à exécution rapide ou via un automate. L'unité doit disposer d'un contrôle-commande capable de moduler la consommation en respectant les paramètres $T_{limitation}$ et $P_{limitation}$ mentionnés ci-dessus.

Les ordres envoyés par le gestionnaire de réseau à une unité sont traités par cette dernière en fonction des contraintes réglementaires (liées notamment à la gestion de la sureté d'exploitation ou à la sécurité des personnes de l'Installation de consommation). Les modalités de prise en compte de ces contraintes seront détaillées dans la Convention d'Exploitation et de Conduite.

4.1.2 Capacités en puissance réactive

La tension de dimensionnement [U_{dim}] à prendre en compte pour la définition des dispositions constructives de fourniture et d'absorption de puissance réactive de l'unité de consommation (et en particulier le choix de la prise nominale du transformateur principal) est définie dans les conditions particulières. L'unité doit disposer d'une capacité de réglage de la puissance réactive qu'elle peut fournir ou absorber. Les capacités de fourniture et d'absorption de puissance réactive appliquées à l'unité sont les suivantes :

1. Quelle que soit la consommation de l'unité fournie comprise dans l'intervalle [10%*[$P_{max_unité}$] ; [$P_{max_unité}$]] et pour U = [U_{dim}] ; Q en Mvar doit pouvoir prendre toute valeur comprise dans l'intervalle défini par les points A, A', C', C :
   - A : P = [$P_{max_unité}$] ; Q = 0,4 [$P_{max_unité}$]].
   - A' : P =10% [$P_{max_unité}$] ; Q = 0,4 [$P_{max_unité}$]].
   - C : P = [$P_{max_unité}$] ; Q = -0,35 [$P_{max_unité}$]].
   - C': P =10% [$P_{max_unité}$] ; Q = -0,35 [$P_{max_unité}$]]
2. Lorsque la consommation est comprise dans l'intervalle] 0, 10%*[$P_{max_unité}$]] et pour U = [U_{dim}] ; Q en Mvar doit pouvoir moduler sa fourniture et son absorption de puissance réactive dans l'intervalle défini par les points C', A' et D.
   - A' : P =10% [$P_{max_unité}$] ; Q = 0,4 [$P_{max_unité}$]]
   - C': P =10% [$P_{max_unité}$] ; Q = -0,35 [$P_{max_unité}$]
   - D : P = 0 ; Q=0.
3. Quelle que soit la consommation de l'unité comprise dans l'intervalle [10%*[$P_{max_unité}$] ; [$P_{max_unité}$]] et pour U = 0,9U_{dim}kV ; Q doit pouvoir être au moins égale à 0,3 [$P_{max_unité}$] défini par le point B.
4. Quelle que soit la consommation de l'unité comprise dans l'intervalle [10%*[$P_{max_unité}$] ; [$P_{max_unité}$]] et pour toute valeur de U au point de raccordement comprise entre [Umin] et [Umax] ; l'unité de consommation doit pouvoir moduler sa fourniture et son absorption de puissance réactive dans les limites du domaine de fonctionnement de l'unité.

Projet

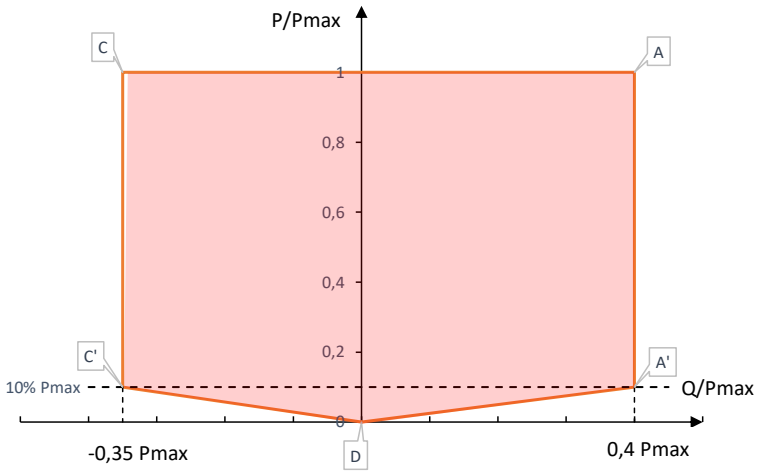


Figure 13 : Diagramme P-Q /Pmax minimum d'une unité de consommation

- Si le transformateur principal est équipé d'un régleur avec changement de prise hors tension

Les points précédents doivent être atteints lorsque le transformateur principal est sur sa prise nominale.

- Si le transformateur principal est équipé d'un régleur avec changement de prise en charge

Les points précédents peuvent être atteints pour différentes prises du transformateur principal Le consommateur fournit à RTE les diagrammes [U, Q] de l'Installation selon les spécifications de la fiche I1.

4.1.3 Réglage primaire de tension

La loi de régulation, permettant d'asservir automatiquement la fourniture ou l'absorption de puissance réactive à la tension en un point de consigne (ou plusieurs points de consigne), est définie par RTE dans les conditions particulaires parmi l'une des lois décrites ci-après.

Le(s) point(s) de consigne et les lois de régulation applicables sont définis par RTE dans les conditions particulières en fonction des configurations (un ou plusieurs points d'interfaces).

[U_{prod}] [Q_{PROD}] [P_{conso}] données remontées par le consommateur sont définies par RTE dans les conditions particulières.

4.1.3.1 Réglage de tension de type Facteur de puissance

Tangente φ = constante

4.1.3.2 Réglage primaire de tension UPROD+λ.QPROD=Ucons (dit « type 2 »)

Loi de réglage :

$$[U_{prod}]+\lambda.[Q_{PROD}]=[U_{cons}]$$

Uprod : Tension prise en compte pour le réglage primaire de tension et dont le point de mesure est défini dans les conditions particulières par RTE

Qprod : Réactif mesuré pris en compte pour le réglage primaire de tension et dont le point de mesure est défini dans les conditions particulières par RTE

Ucons : Tension du point de consigne pris en compte pour le réglage primaire de tension et défini par RTE

Pour les simulations préalables à l'accès au réseau définitif, [λ] est fixé dans les conditions particulières.

Pour les essais préalables à l'accès au réseau définitif, [λ] est fixé en concertation avec le consommateur dans la Convention d'Exploitation et de Conduite.

Pour l'exploitation définitive, [λ] est fixé en concertation avec le consomateur dans la convention d'exploitation.

4.1.3.3 Réglage de la puissance réactive

L'objectif de ce réglage est de contrôler la puissance réactive produite par l'unité de consommattion (Qprod), i.e., Qprod = Qcons.

Qprod : Puissance réactive mesurée prise en compte pour le réglage primaire de tension et dont le point de mesure est défini dans les conditions particulières par RTE.

Les conditions d'utilisation et de modification de la consigne de puissance réactive (Qcons) sont décrites dans la Convention d'Exploitation et de Conduite.

NB : Ce type de réglage ne sera pas utilisé pour faire du RST.

4.1.3.4 Conditions liées au réglage primaire de tension

La régulation doit être possible sur la totalité du domaine couvert par le diagramme [U ; Q] de l'unité de consommation. Le cas échéant, si une partie du diagramme se situe en dehors du domaine normal de tension du point de raccordement, la zone correspondante doit être accessible au régulateur pour des durées limitées.

Le temps d'établissement de la grandeur asservie par le réglage de tension sur un échelon de consigne, à ±5 % de la différence entre la valeur finale et la valeur initiale centrée autour de sa valeur finale, doit être inférieur à 10 secondes. Qprod et Uprod sont les principales grandeurs asservies.

Le temps de réponse de la grandeur asservie par le réglage de tension sur un échelon de consigne à 10% de la valeur finale doit être inférieur à 5 secondes.

L'écart statique entre la grandeur asservie injectée dans le régulateur de tension et la consigne du régulateur doit être au plus égal à 0,2 %.

Lorsque le réglage primaire de tension est de « type 2 », l'unité de consommation transmet via un contrôle commande numérique :

- la télémesure Ucons,
- les télésignalisations d'atteinte des limitations du régulateur primaire de tension (butées UQ+ et UQ-)

Lorsque l'unité de consommation est à l'arrêt ou ne participe pas au réglage primaire de tension la télémesure U_{cons} est transmise invalide et les butées ne sont pas activées.

Lorsque le réglage primaire de tension est de type « Qprod = Qcons », l'unité de consommation transmet :

- la télémesure Qcons,
- les télésignalisations d'atteinte des limitations du régulateur primaire de tension (butées UQ+ et UQ-).

Lorsque l'unité ne participe pas au réglage primaire de tension, la télémesure Qcons est transmise à l'état invalide et les butées ne sont pas activées.

Projet

4.1.4 Réglage secondaire de tension

L'unité doit avoir des capacités constructives lui permettant de recevoir une consigne U_{ref}, émise par le centre de conduite de RTE et d'élaborer à partir de U_{ref} la consigne à appliquer au régulateur primaire de tension U_{cons} (consigne du régulateur de tension au [point de consigne])

Afin de pouvoir assurer ce réglage, le dispositif mis en place sur l'unité de consommation, doit permettre, au régulateur primaire de tension au [point de consigne]:

- de fixer la tension de consigne U_{cons} du régulateur primaire
- de sélectionner l'un des 2 modes de régulation : RST ou hors RST
- via un contrôle commande numérique
  - d'appliquer la commande U_{ref} du centre de conduite régional RTE dans un délai ≤ 1s (délai maximal entre le moment où l'information arrive sur l'interface avec le consommateur et le moment où elle est prise en compte par le régulateur primaire de tension du consommateur).
  - d'acquérir simultanément les télémesures (TM) de l'unité de consommation réglant la tension au [point de consigne] (tension, puissance active et réactive, consigne appliquée au régulateur primaire), les TM étant obtenues à partir de mesures préalablement filtrées de façon à rejeter les fréquences supérieures à 0,05Hz.
  - d'acquérir les télésignalisations (TS) de l'unité de consommation réglant la tension au [point de consigne] et du mode de régulation (RST/hors RST), ainsi que les limitations du régulateur primaire de tension à la hausse (butée UQ+) ou à la baisse (butée UQ-).
  - de transmettre ces téléinformations (TM et TS) vers le centre de conduite RTE.

L'application de la consigne U_{ref} au régulateur primaire de tension peut nécessiter un traitement préliminaire à réaliser par le consommateur. En effet, selon les caractéristiques du régulateur primaire de tension, il peut être nécessaire de traduire la consigne U_{ref} (kV) dans une unité utilisable par le régulateur primaire. De plus, il faut prendre en compte l'atteinte des limitations (plages min/max de variation de la consigne, vitesse maximale de variation de la consigne) pour élaborer à partir de U_{ref}, la consigne à appliquer au régulateur primaire de tension.

De la même manière, l'émission par le consommateur des informations nécessaires à RTE (retour de la consigne de tension effectivement appliquée au régulateur primaire de tension, limitations) peut aussi nécessiter un traitement préalable.

Le réglage primaire de tension est toujours actif, que l'unité de consommation soit ou non en RST, et la télémesure U_{cons} est toujours envoyée au système centralisé de RTE.

La valeur U_{PROD} transmise à RTE doit être l'image de celle utilisée par le régulateur primaire de tension.

Lors du couplage de l'unité de consommation, la tension de consigne appliquée au régulateur primaire U_{cons} doit être égale à la valeur de tension au [point de consigne] U_{PROD}.

Toute intervention du consommateur sur la tension de consigne du régulateur primaire de l'unité de consommation doit faire sortir l'unité de consommation du RST et positionner la télésignalisation « PART.RST » à l'état « hors ». Au démarrage, le dispositif doit être en position hors RST.

Le consommateur doit prévoir la possibilité d'une mise en service automatique ou manuelle du RST lors du couplage de l'unité de consommation. Pour l'exploitation définitive, le choix de mise en service du RST est fixé en concertation avec le consommateur dans la convention d'exploitation.

La dernière valeur valide U_{ref} reçue est appliquée sans limite de durée tant que le régulateur primaire de tension est asservi au RST. Avant la première réception de U_{ref} émise par RTE, U_{ref} doit être considérée comme invalide par le contrôle commande de l'unité.

4.1.4.1 Limitation de la vitesse de variation de la consigne RST Uref

En cas d'écart important entre la consigne du régulateur primaire de tension U_{cons} et celle émise par le RST (U_{ref}), l'écart doit être résorbé progressivement pour éviter une brusque variation du point de fonctionnement en limitant la variation à une valeur paramétrable exprimée en %Un/min, tout en limitant U_{cons} à la plage normale de fonctionnement.

Projet

Les modalités de calcul de cette valeur sont déterminées en concertation entre le consommateur et RTE pour tenir compte du schéma de réseau.

La valeur de la vitesse de variation maximale de la consigne U_{cons} est déterminée de manière à pouvoir assurer une variation en réactif minimum de [$Q_{vitesse}$]/min.

Lors d'une variation de la consigne U_{ref} en rampe se traduisant par une variation de réactif de vitesse demandée supérieure ou égale à [$Q_{vitesse}$]/min, la vitesse de variation du réactif effective doit être au moins égale à [$Q_{vitesse}$]/min, conformément au paragraphe précédent.

4.1.4.2 Atteinte des limites du domaine normal de fonctionnement de l'unité

L'atteinte des limites du domaine normal de fonctionnement de l'unité de consommation doit faire l'objet d'un envoi d'information au RST.

L'atteinte d'une limite du domaine normal de fonctionnement (tension maximum des auxiliaires, $U_{consmin}$, $U_{consmax}$ …)[8] doit bloquer toute évolution de la valeur de tension de consigne du régulateur primaire de tension U_{cons} qui tend à dépasser la limitation. La télésignalisation limitation correspondante, « butée UQ+ » en cas de blocage à la hausse et « butée UQ- » en cas de blocage à la baisse, est alors positionnée à l'état « En ».

Dès que le réglage primaire de tension est en mesure de respecter la consigne RST U_{ref} sans dépasser la limitation, cette valeur de tension de consigne est à nouveau appliquée au régulateur primaire de tension. La télésignalisation limitation correspondante est alors positionnée à l'état «Hors».

Un mécanisme d'hystérésis et de temporisation permettra d'éviter les phénomènes de battements des signalisations d'atteinte des limites du domaine.

L'atteinte d'une limite de fonctionnement de l'unité ne doit pas entraîner la sortie du réglage secondaire de tension.

4.1.4.3 Cas particulier où l'unité doit rester asservie au RST : perte de transmission de la consigne :

En cas de perte de transmission prolongée de la consigne RST U_{ref}, la consigne de tension appliquée sur le régulateur de tension ne doit pas changer, ce dernier doit donc conserver la dernière valeur de consigne valide jusqu'à la réception d'une nouvelle valeur de consigne U_{ref}.

Le non renouvellement d'une consigne U_{ref} valide ne doit pas être considéré comme une anomalie de fonctionnement.

4.1.4.4 Cas où l'unité doit sortir du RST : anomalies de fonctionnement de l'asservissement au RST

En cas de réception d'une valeur de consigne RST U_{ref} invalide à l'interface entre RTE et le consommateur, ou d'apparition d'un défaut ou de toute autre anomalie de fonctionnement du dispositif, le régulateur primaire de tension doit être automatiquement sorti du RST sans modifier sa consigne U_{cons}. La télésignalisation « PART.RST » doit alors être positionnée à l'état « Hors ».

Le consommateur doit prévoir une remise en service du RST, après la disparition du défaut, automatique ou manuelle du RST. Pour l'exploitation définitive, les modalités de remis en service du RST seront fixées en concertation avec le consommateur dans la convention d'exploitation. Dès que l'unité est remise en RST, la télésignalisation « PART.RST » passe donc à l'état « En ».

Un mécanisme d'hystérésis et de temporisation permettra d'éviter les phénomènes de battements des signalisations de participation au RST.

[8] L'atteinte de la limitation de vitesse de variation en Ucons ne rentre pas dans les critères d'émission d'une Télésignalisation de limitation

Projet

4.2 Exigences applicables aux unités de consommation fournissant un réglage de la fréquence

Les exigences techniques concernant le réglage primaire de fréquence et le réglage secondaire de fréquence sont précisés dans les règles service système disponibles dans le portail service de RTE.

Référence :

- Code DCC [1] art. 29

4.3 Exigences applicables aux unités de consommation fournissant un réglage rapide de la fréquence

RTE ne spécifie pas d'exigences en matière de contribution au réglage rapide de la fréquence.

Référence :

- Code DCC [1] art. 30

Projet

5. ECHANGES D'INFORMATIONS

Les prescriptions ou exigences fonctionnelles concernant le raccordement et l'échange d'informations de téléconduite sont présentées dans le cahier des charges pour le raccordement au système de téléconduite de RTE de l'Installation (Article 8.25.2 de la DTR). Ce document, comme le cahier des charges des capacités constructives, est annexé à la convention de raccordement.

La réponse du consommateur pour démontrer sa conformité vis-à-vis des performances attendues se fera via le contrôle de conformité (fiches E4 de l'étape 1, I9 de l'étape 2 et F1 de l'étape 3).

Projet

6. SYSTEME DE PROTECTION

Les prescriptions ou exigences fonctionnelles du système de protection de l'Installation sont précisées dans le cahier des charges des systèmes de protection contre les défauts d'isolement. Ce document, comme le cahier des charges des capacités constructives, est annexé à la convention de raccordement.

La réponse du consommateur pour démontrer sa conformité vis-à-vis des performances attendues se fera via le contrôle de conformité (fiche E3 de l'étape 1).

Projet

7. FICHES DE CONTROLE AVANT L'ACCES DEFINITIF AU RESEAU

La liste des fiches de contrôle applicables à l'unité de consommation dépendent du type de l'unité elles sont disponible dans l'article 8.3.6 de la DTR.

Projet

8. REFERENCES

[1] RÈGLEMENT (UE) 2016/1388 DE LA COMMISSION du 17 août 2016 établissant un code de réseau sur le raccordement des réseaux de distribution et des installations de consommation

[2] Arrêté du 09 juin 2020 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement au réseau public de transport d'électricité d'une installation de production d'énergie électrique.

[3] Documentation Technique de Référence en vigueur à la date d'envoi de la PTF.

[4] RÈGLEMENT (UE) 2017/2196 DE LA COMMISSION du 24 novembre 2017 établissant un code de réseau sur l'état d'urgence et la reconstitution du réseau électrique

[5] Article 8.3.6 de la documentation technique de référence : Trame de contrôle de conformité - contrôle initial.

[6] CEI 61000-3-6 - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-6: Limits – Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems

[7] IEEE 519 – Recommended practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems

Projet

9. LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Principes de calcul des marges de stabilité

ANNEXE 2 : Définitions des caractéristiques de la réponse à un échelon

ANNEXE 3 : Informations à fournir par le consommateur (Etape 1). Cette annexe est dans l'article 8.3.6 de la DTR

ANNEXE 4 : Simulations à réaliser par le consommateur (Etape 2). Cette annexe est dans l'article 8.3.6 de la DTR

ANNEXE 5 : Essais à réaliser par le consommateur (Etape 3). Cette annexe est dans l'article 8.3.6 de la DTR

Projet

ANNEXE 1 : PRINCIPES DE CALCUL DES MARGES DE STABILITE

1. DEFINITIONS

1.1 Boucle de régulation

La structure classique d'une régulation est la suivante :

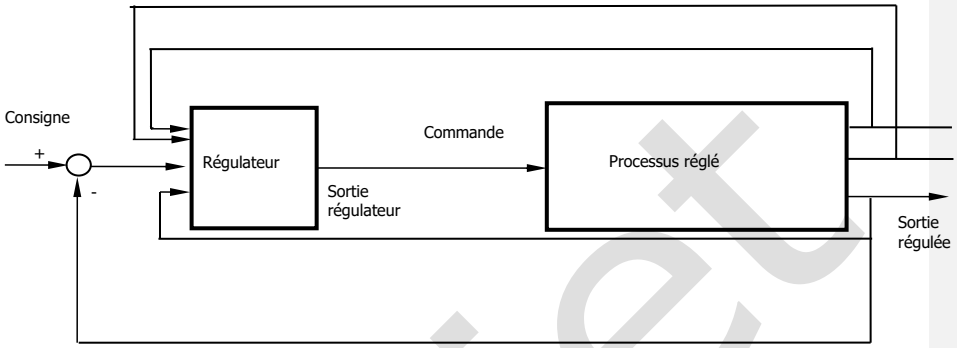


Figure 14 : boucle de régulation

Sur un tel schéma on peut définir la fonction de transfert en boucle ouverte et la fonction de transfert en boucle fermée.

La fonction de transfert en boucle ouverte H(p) correspond à l'ouverture de la boucle **entre le régulateur et la commande** et est égale à la transmittance - [Sortie régulateur] / [Commande].

1.2 Marges de stabilité

La stabilité d'un système bouclé est définie par la position de sa transmittance en **boucle ouverte H(p)** (p opérateur de Laplace) par rapport au point -1 dans le plan de Nyquist (figure 2). On définit classiquement en automatique les marges de stabilité suivantes :

- **La marge de gain Mg est la valeur dont on peut multiplier la transmittance H(p) pour qu'elle passe par le point -1.**

Physiquement la marge de gain est égale à la valeur qui multipliée au gain du régulateur entraîne l'instabilité.

- **La marge de phase Mp est l'angle ϕ tel que Arg[H(jω0)]=π+ϕ avec ω_0 pulsation au gain unité.**
- **La marge de retard Mr est égale la marge de phase divisée par ω_0. Mr=Mp/ω_0.**

Physiquement la marge de retard correspond au retard pur qui, inséré dans la boucle de régulation, entraîne l'instabilité

- **La marge de module Mm est définie comme la distance minimale au point -1. Mm=Min (|1+H(p)|).**

C'est l'inverse du coefficient de résonance harmonique[9] de la fonction de sensibilité $S = \frac{1}{1+H}$.

- **La marge de module complémentaire Mmc est définie comme l'inverse du coefficient de résonance harmonique de la fonction de sensibilité complémentaire T=1-S=H/(1+H)**

[9] le coefficient de résonance harmonique d'une fonction de transfert H(p) est égale à max (|H(p)|).

Projet

Si on appelle λ la valeur du coefficient de résonance harmonique de T, la fonction de transfert en boucle ouverte sera extérieure au " λ-cercle " de centre $\frac{-\lambda^2}{\lambda^2-1}$ et de rayon $\frac{\lambda}{|\lambda^2-1|}$ dans le plan de Nyquist (courbe de variation de la fonction de transfert en fonction de la fréquence du signal ω).

La spécification demandée est Mmc > 0,33 c'est à dire λ < 3,03. Le " λ-cercle " correspondant a donc pour centre [-1,12 ; 0] et un rayon de 0,37

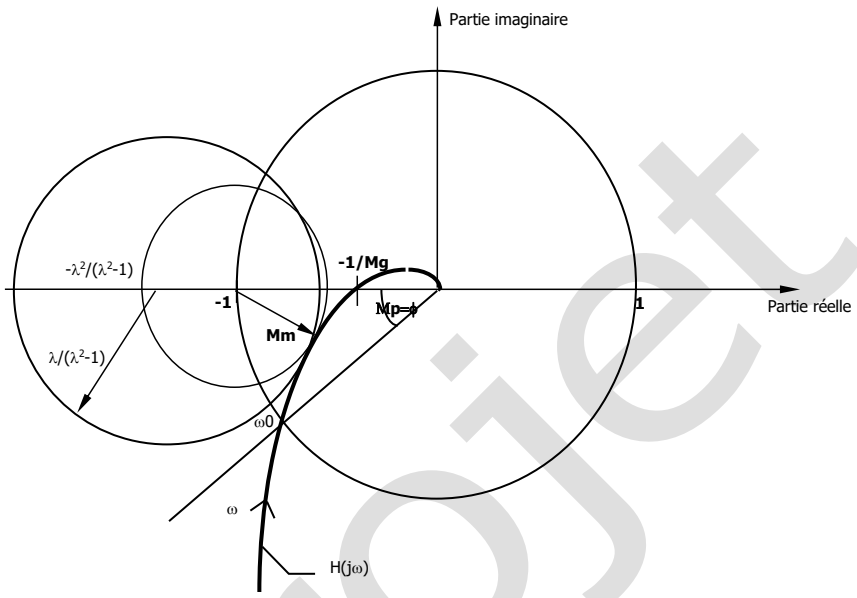


Figure 15 : Marges de stabilité

2. PRINCIPE DES MESURES DES MARGES DE MODULES

La marge de module et la marge de module complémentaire peuvent être mesurées **en boucle fermée** en injectant un signal additionnel entre la sortie du régulateur et la commande.

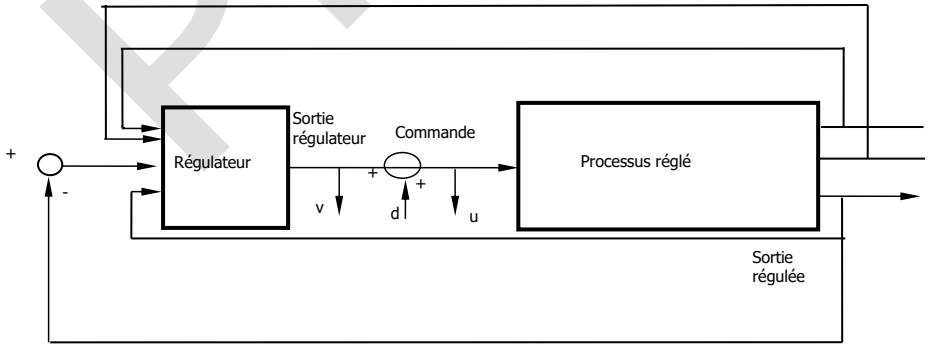


Figure 16 : Principe des mesures des marges de modules

La fonction de transfert entre d et -v, -v(p)/d(p), est égale à la fonction de sensibilité complémentaire T.

La fonction de transfert entre d et u, u(p)/d(p), est égale à la fonction de sensibilité S.

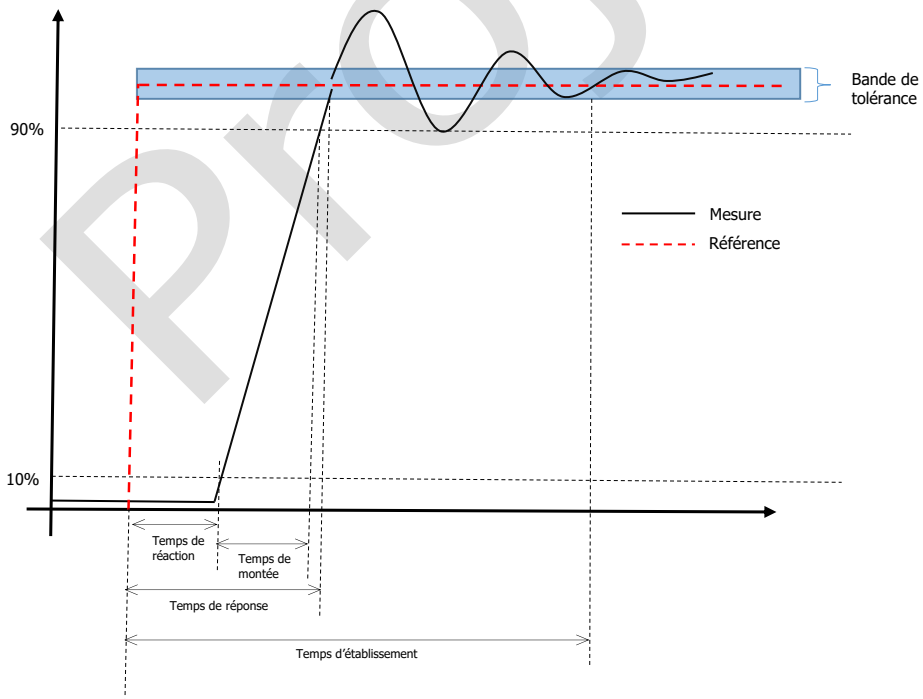
Projet

De plus, cette mesure permet d'évaluer la marge de retard du régulateur.

ANNEXE 2 : DEFINITIONS DES CARACTERISTIQUES DE LA REPONSE A UN ECHELON

Les temps caractéristiques décrits sur la courbe ci-dessous sont utilisés dans les fiches de contrôle. Leurs définitions sont les suivantes :

- Temps de réaction (reaction time) : durée comprise entre la variation subite d'une grandeur de commande et le moment où la variation correspondante d'une grandeur de sortie a atteint 10% de la valeur définie.
- Temps de montée (rise time) : durée comprise entre le temps de réaction et le moment où la variation correspondante d'une grandeur de sortie a atteint 90% de la valeur définie.
- Temps de réponse (response time) : durée comprise entre la variation subite d'une grandeur de commande et le moment où la variation correspondante d'une grandeur de sortie a atteint pour la première fois la bande de tolérance de la valeur définie.
- Temps d'établissement (settling time) : durée comprise entre la variation subite d'une grandeur de commande et le moment à partir duquel la variation correspondante d'une grandeur de sortie reste dans la bande de tolérance de la valeur définie



Projet