Le réseau de transport d'électricité

Documentation technique de référence

Chapitre XX - Performances du RPT : Enjeux pour le système électrique et les utilisateurs, principes de fonctionnement

Article XX.1- Plages de tension et de fréquence normales et exceptionnelles

Version 2 applicable à compter du 27 avril 2019

1. RAPPEL DU CADRE REGLEMENTAIRE

- Cahier des charges annexé à l'avenant, en date du 30 octobre 2008, à la convention du 27 novembre 1958 et portant concession à RTE du réseau public de transport d'électricité.
- ~~Décret du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement auxquelles doivent satisfaire les installations en vue de leur raccordement au réseau public de transport d'électricité~~
- ~~Décret 2003-588 du 27 juin 2003 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement auxquelles doivent satisfaire les installations en vue de leur raccordement au réseau public de transport d'électricité.~~
- Décret n°2006-1731 du 23 décembre 2006 approuvant le cahier des charges type de concession du réseau public de transport d'électricité.
- Règlement n°2016/631 de la Commission du 14 avril 2016 établissant un code de réseau sur les exigences applicables au raccordement au réseau des installations de production d'électricité.
- Règlement n° 2016/1447 de la Commission du 26 août 2016 établissant un code de réseau relatif aux exigences applicables au raccordement au réseau des systèmes en courant continu à haute tension et des parcs non synchrones de générateurs raccordés en courant continu.
- Règlement n°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.
- Arrêté du XXX relatif aux exigences techniques applicables aux raccordements aux réseaux publics de transport et de distribution d'électricité.
- Règlement n°2017/1485 de la Commission du 2 août 2017 établissant une ligne directrice sur la gestion du réseau de transport de l'électricité (dit code SOGL par la suite).
- Règlement n°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.

2. ENJEUX POUR LE SYSTEME ELECTRIQUE ET LES UTILISATEURS

Les risques encourus par les utilisateurs du réseau et par RTE en cas de variations importantes de fréquence et de tension sont les suivants :

- Pour l'utilisateur final, hors des plages normalisées de fréquence et de tension pour lesquelles les appareils ont été conçus pour fonctionner, ces derniers ~~ont~~ peuvent avoir un fonctionnement perturbé, voire se détériorent.
- Pour les producteurs, le bon fonctionnement des unités de production ~~est~~ peut être perturbé si la tension et de la fréquence ne sont pas maintenues dans certaines plages.

- Pour les ~~distributeurs~~Gestionnaires de Réseau de Distribution, les variations importantes de la fréquence peuvent conduire au fonctionnement des relais de délestage fréquencemétrique.
- Pour RTE, la maîtrise de la tension et de la fréquence lui permet de contrôler les risques pour les matériels et la sûreté du système. Cette maîtrise contribue en particulier à éviter l'apparition de grands incidents (une bonne partie de ces derniers ont pour origine des écroulements de la fréquence ou de la tension).

3. PERFORMANCES DU RESEAU PUBLIC DE TRANSPORT

Les engagements de RTE en matière de plages de tension et de fréquence en régime normal sont précisés dans les contrats d'accès au RPT[1].

3.1 Plages de tension en régime normal ~~(valeurs observées en exploitation)~~

En exploitation, au point de raccordement d'une installation, les plages normales de variation de tension du réseau sont :

~~Pour les niveaux de tension interconnectés au réseau européen et participant à son fonctionnement~~
de 360 à 420 kV pour le réseau 400kV ~~ayant une~~ (la tension nominale est de ~~de~~ 400 kV),
de 198 à 245 kV pour le réseau 225kV (~~ayant une~~la tension nominale est de ~~225~~ 220 kV).
~~Pour les niveaux de tension non interconnectés au réseau européen~~
+ /- 8 % de la tension contractuelle pour le réseau 90kV (la~~ayant une~~ tension nominale est de 90 kV), sans dépasser 100 kV.
+/- 8 % de la tension contractuelle pour le réseau ayant une tension nominale de 63, 45 et 42 kV.

La tension contractuelle étant fixée dans une plage de +/-6% de la tension nominale du réseau.
Pour la tension nominale 150 kV, la valeur efficace de la tension de fourniture peut varier de ± 10% autour de la tension contractuelle[2] définie pour chaque utilisateur du RPT dans sa convention de raccordement, cette tension contractuelle étant elle-même située dans une plage de ± 7% autour de la tension nominale, sans toutefois dépasser 170 kV (tension maximale liée au dimensionnement des matériels).

Les plages normales de variation de tension ~~des niveaux de tension interconnectés au réseau européen~~ sont définies en application de l'article 27 et de l'annexe II code SOGL comme étant les plages 0,90-1,05 pu pour le réseau 400kV (ayant une tension nominale de 400 kV) et 0,90-1,118 pu pour le réseau 225 kV (ayant une tension nominale de 220kV)~~avec comme bases de tension 1 pu = 400 kV pour le réseau~~ ayant une tension nominale de ~~400 kV et 1 pu = 220 kV pour le réseau~~ ayant une tension nominale de ~~225 kV~~.

Les valeurs de tensions nominales données dans ce paragraphe sont indicatives. Elles doivent être precisées dans chaque document contractuel.

[1] http://www.rte-france.com/htm/fr/offre/offre_acces_tarif.jsp#tab

[2] Un réseau de tension nominale U_n juxtapose généralement des zones, qui de par la structure du réseau, sont caractérisées par des tensions plutôt hautes ou plutôt basses. Ces différences dépendent de la plus ou moins grande proximité des sources de production et des charges. Pour tenir compte de ces différences spatiales, les performances du RPT pour les variations de tension ne sont généralement pas repérées par rapport à la tension nominale du réseau mais par rapport à une tension contractuelle Uc (appelée également tension d'alimentation déclarée) qui intègre ces particularités locales.

3.2 Plages de tension en régime exceptionnel ~~(valeurs observées en exploitation)~~

Les variations exceptionnelles de tension correspondent à des situations dégradées d'exploitation du réseau pour lesquelles les ~~sources~~ moyens de compensation d'énergie réactive ne sont plus localement suffisantes pour satisfaire les besoins. De telles situations peuvent survenir à la suite, par exemple, de déclenchements d'ouvrages de transport ou d'unités de production ou d'évolution imprévue de la consommation.

Les plages de tension exceptionnelle pouvant être rencontrées sur le RPT, ainsi que leurs durées et probabilité d'occurrence, sont présentées, pour les réseaux 400, 225, 90 et 63 kV, dans l'annexe informative de l'arrêté XX. Ces annexes indiquent que, hors creux de tension et transitoires rapides, des régimes de fonctionnement du réseau, à durée limitée, peuvent se produire dans des situations particulières.

Pour le réseau 400 kV, la tension au point de raccordement peut atteindre les plages suivantes :

~~de 340 à 360 kV pendant 1h 30 minutes, quelques fois par an,~~
~~de 320 à 340 kV pendant 1 heure, 1 fois par an, exceptionnellement~~
~~de 420 à 424 kV pendant 20 minutes, plusieurs fois par an,~~
~~de 424 à 428 kV pendant 5 minutes, quelques fois par an~~
~~de 428 à 440 kV pendant 5 minutes, une fois tous les 10 ans.~~

Plages de tension que peut atteindre le réseau 400kV	Durée
320-340kV	1 heure, 1 fois par an, exceptionnellement
340-360kV	1 h 30, quelques fois par an
360-380kV	pendant 5 heures, 10 fois par an
420-424kV	pendant 20 minutes, plusieurs fois par an
424-428kV	pendant 5 minutes, quelques fois par an
428-440kV	pendant 5 minutes, une fois tous les 10 ans

Pour le réseau 225 kV, la tension au point de raccordement peut atteindre les plages suivantes :

~~de 245 à 247,5 kV pendant 20 minutes, quelques fois par an,~~
~~de 247,5 à 250 kV pendant 5 minutes, exceptionnellement,~~
~~de 190 à 198 kV pendant 1h 30 minutes quelques fois par an, exceptionnellement,~~
~~de 180 à 190 kV pendant une heure, 1 fois par an, exceptionnellement.~~

Plages de tension que peut atteindre le réseau 225kV	Durée

180-190kV	une heure, 1 fois par an, exceptionnellement
190-200kV	1 h 30 quelques fois par an, exceptionnellement
245-247,5kV	20 minutes, quelques fois par an
247,5-250kV	5 minutes, exceptionnellement

En 90 kV et 63 kV, le réseau peut fonctionner dans des plages de tensions hautes qui dépassent de l'ordre de 2 % de la tension nominale au-delà du domaine normal pendant 5 minutes et de 1 % pendant 20 minutes. Des régimes de fonctionnement exceptionnels du réseau vers les valeurs basses pendant des durées limitées (quelques dizaines de minutes par an) peuvent avoir lieu, en particulier lors du blocage des régleurs en charge des transformateurs THT/HT, on peut observer des tensions allant jusqu'à des valeurs d'environ 50kV sur les réseaux 63kV et 72kV sur les réseaux 90kV.

De la même façon, pour le réseau 150 kV, la tension de livraison peut atteindre les plages suivantes :

Plages de tension que peut atteindre le réseau 150V	**Durée**
170-171,5 kV	pendant 20 minutes, quelques fois par an
171,5-173 kV	pendant 5 minutes, exceptionnellement
Jusqu'à 120 kV	pendant quelques dizaines de minutes par an

~~• en tensions hautes, de 170 à 171,5 kV pendant 20 minutes, quelques fois par an, et de 171,5 à 173 kV pendant 5 minutes, exceptionnellement ;~~
~~• en tensions basses, jusqu'à 120 kV pendant quelques dizaines de minutes par an.~~

Et en 42 ou 45 kV, le réseau peut fonctionner :
• dans des plages de tensions hautes qui dépassent le domaine normal de l'ordre de 1% de la tension nominale pendant 20 minutes, quelques fois par an, et de l'ordre de 1% de la tension nominale pendant 5 minutes, exceptionnellement ;
• en tensions basses, jusqu'à 34 kV pendant quelques dizaines de minutes par an.

Les durées et probabilités d'occurrence indiquées ci-dessus sont données à titre indicatif. Elles sont issues d'une analyse statistique basée sur les incidents antérieurs constatés et peuvent être dépassées pour des raisons non maîtrisables par RTE. A ce titre, elle ne représente pas un engagement technique de RTE en un point de raccordement donné. Les utilisateurs doivent prendre les dispositions utiles afin de prémunir, si nécessaire, leurs installations vis-à-vis de telles excursions de la tension.

3.3 Plages de fréquence en régime normal ~~(valeurs observées en exploitation)~~

En exploitation, la plage normale de variation de fréquence sur la zone synchrone continentale européenne est définie par l'article 127 et l'annexe III du code SOGL comme étant la plage [49,95 Hz ; 50,05Hz].

De plus, les capacités de réserves requises pour la zone continentale européenne permettent de compenser un déséquilibre instantané de puissance inférieur ou égal à l'incident de référence (3 000 MW d'écart positif ou négatif), qui peut conduire à une déviation de fréquence maximale en régime permanent de + /- 200 mHz, pendant 15 minutes ou moins (hors survenue d'un nouveau déséquilibre).

3.4 Plages de fréquence en régime exceptionnel ~~(valeurs observées en exploitation)~~

Sur les réseaux européens interconnectés par des liaisons synchrones, la fréquence est une caractéristique commune en tous les points des réseaux. Dans des circonstances exceptionnelles, le réseau alimentant l'utilisateur peut se trouver momentanément isolé par rapport au réseau européen : RTE privilégie alors le maintien de la tension, quitte à voir la fréquence varier dans une plage plus importante (52Hz/47Hz). Sur le réseau RTE en fonctionnement en régime isolé, des régimes de fonctionnement exceptionnels dans des plages de fréquence plus hautes ou plus basses que la plage normale peuvent ainsi se produire pour des durées limitées. Ces régimes exceptionnels sont indiqués dans l'annexe informative de l'arrêté XX. Ils sont décomposés en fonction de la probabilité de leur occurrence selon les plages suivantes :

~~]47 Hz - 47,5 Hz] pendant une minute, exceptionnellement, une fois tous les 5 à 10 ans,~~
~~]47,5 Hz - 49 Hz[pendant 3 minutes, exceptionnellement, une fois tous les 5 à 10 ans,~~
~~[49 Hz - 49,5 Hz[pendant 5 heures en continu, 100 heures en durée cumulée pendant la durée de vie de l'installation,~~
~~]50,5 Hz - 51 Hz] pendant 1 heure en continu, 15 heures en durée cumulée pendant la durée de vie de l'installation,~~
~~]51 Hz - 52 Hz] pendant 15 minutes, une à cinq fois par an,~~
~~]52 Hz - 55 Hz[pendant 1 minute, exceptionnellement (régime transitoire).~~

Plage de fréquence	Durée limite
]47Hz ; 47,5Hz]	pendant une minute, exceptionnellement, une fois tous les cinq à dix ans
]47,5Hz ; 49Hz]	pendant 3 minutes, exceptionnellement, une fois tous les cinq à dix ans
]49Hz ; 49,5Hz]	pendant 5 heures en continu, 100 heures en durée cumulée pendant la durée de vie de l'installation
]50,5Hz ; 51Hz]	pendant 1 heure en continu, 15 heures en durée cumulée pendant la durée de vie de l'installation
]51Hz ; 52Hz]	pendant 15 minutes, une à cinq fois par an
]52Hz ; 55Hz[	pendant 1 minute, exceptionnellement (régime transitoire)

Les durées et probabilités d'occurrence indiquées ci-dessus sont données à titre indicatif. Elles sont issues d'une analyse statistique basée sur les incidents antérieurs constatés et peuvent être dépassées pour des raisons non maîtrisables par RTE. A ce titre, elle ne représente pas un engagement technique de RTE en un point de livraison donné. Les utilisateurs doivent prendre les dispositions utiles afin de prémunir, si nécessaire, leurs installations vis-à-vis de telles excursions de la fréquence.

4. MOYENS MIS EN OEUVRE POUR ATTEINDRE LES PERFORMANCES

Pour maintenir la tension dans les plages contractuelles, RTE met en œuvre un certain nombre de mesures :

- Installation de dispositifs de réglage de la tension dans les postes de transformation de RTE afin de limiter les variations de l'amplitude de la tension.
- Prescriptions pour l'installation d'un système de réglage automatique de la tension au niveau des unités de production, basé sur des automatismes locaux et régionaux.
- Respect d'un certain nombre de règles internes d'exploitation ~~(Cf. Mémento de la sûreté du système électrique[3])~~ au niveau de la préparation et de la conduite en temps réel du réseau.
- Installation de batteries de condensateurs HTB dans les postes de RTE et de batteries de condensateurs HTA dans les postes sources des distributeurs.
- Installation de bobine pour absorber le réactif.

Pour maintenir la fréquence dans les plages contractuelles, RTE met en œuvre un certain nombre de mesures, dans le respect du code SOGL et de l'accord opérationnel de la zone synchrone Europe continentale[4] :

- Prescriptions pour l'installation d'un système de réglage automatique de la fréquence au niveau des unités de production, basé sur des automatismes locaux et nationaux.
- Constitution d'un niveau de réserve ~~tournante~~ adéquat au niveau des installations de production pour le bon fonctionnement du réglage automatique de la fréquence.
- Respect d'un certain nombre de règles internes d'exploitation ~~(Cf. Mémento de la sûreté du système électrique)~~ au niveau de la préparation et de la conduite en temps réel du réseau.
- Elaboration d'un plan de délestage, en collaboration avec les distributeurs et les consommateurs de forte puissance, permettant en dernier recours de maintenir ou rétablir l'équilibre production-consommation par des actions manuelles ou automatiques de réduction sélective de la consommation (délestage préventif, délestage rapide, télédélestage de secours, délestage fréquencemétrique…).

[3] ~~http://clients.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/telecharge/memento_surete_2004/memento_surete_2004_complet_.pdf~~
[4] Voir https://www.entsoe.eu/

5. MISE EN OEUVRE DES EXIGENCES PAR LES UTILISATEURS

Ce paragraphe s'applique aux installations des utilisateurs et gestionnaires de réseaux de distribution raccordés au RPT.

Les installations de consommation et de production et les réseaux publics de distribution~~des utilisateurs~~ raccordés au RPT doivent pouvoir accepter, de manière constructive, les régimes exceptionnels en fréquence et en tension qui peuvent se produire sur le réseau, tels que définis par la réglementation en vigueur au moment de leur raccordement. A cet effet, les exigences en matière de capacités constructives, pour les utilisateurs du réseau de transport sont décrites dans les chapitres suivants :

- Pour une installation comportant une unité de production[5] :

  Les exigences applicables aux unités de production nouvelles ou modifiées de façon substantielle sont précisées dans l'article « Exigences de conception et de fonctionnement pour le raccordement au RPT d'une unité de production » au paragraphe 3.1 Plages de fonctionnement en fréquence et en tension.

  Concernant les unités de production modifiées de façon substantielle, des précisions sont apportées dans l'article DTR ~~XX~~ 5.2 – Modification d'une installation, au paragraphe ~~4~~ relatif aux Prescriptions techniques en cas de modification d'une installation comportant de la production.

- Pour une installation de consommation ou un poste source:

  Les installations de consommation ou les postes sources nouvellement raccordés au RPT ou faisant l'objet de modifications dites substantielles (définies à l'article 5.2 de la DTR) doivent pouvoir accepter, de manière constructive, les régimes exceptionnels en fréquence et en tension qui peuvent se produire sur le réseau, tels que définis à l'article 5.1.2 de la DTR.
  De plus, conformément à l'article 5.1.2 de la DTR, les installations des distributeurs doivent être conçues et équipées des dispositifs nécessaires pour leur permettre de participer au plan de délestage sélectif et aux moyens de maîtrise de la tension, auxquels peut recourir RTE pour sauvegarder le système électrique et éviter les écroulements de fréquence ou de tension, ainsi que les surcharges d'ouvrages en cascade.

- Pour un système HVDC :

  Les exigences applicables aux nouveaux systèmes HVDC ou modifiées de façon substantielle sont précisées dans l'article 5.1.3 « Exigences applicables aux systèmes en courant continu à haute tension ».

[5] Hors cas des GRD pour lesquels les prescriptions relatives aux installations de production raccordées sur le RPD sont mentionnées dans la DTR du GRD.