Documentation technique de référence

Chapitre 4 – Contribution des utilisateurs aux performances du RPT
Article 4.1 – Réglage Fréquence/Puissance

Version Projet du 14 décembre 2010

Document mis en consultation
sur le Site Internet CURTE de RTE
sur la période
du mardi 14 décembre 2010 au mardi 11 janvier 2011

Les observations sur ce texte sont à transmettre à RTE directement sur le site CURTE
Aucune observation transmise par un autre mode de communication (mail, courrier,…) ne sera prise en compte

Documentation Technique de Référence
Chapitre 4 – Contribution des utilisateurs aux performances du RPT
Article 4.1 – Réglage Fréquence/Puissance

Projet de Version 4

19 pages

SOMMAIRE

1. RAPPEL DES EXIGENCES 4

1.1 Exigences réglementaires applicables aux installations de production 4

1.2 « Operation Handbook » de l'ENTSO-E appliqué par RTE 4

2. ENJEUX POUR LE SYSTEME ET LES UTILISATEURS 5

3. PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT 6

3.1 Le réglage primaire de fréquence 6

3.2 Le réglage secondaire fréquence - puissance 7

3.3 Réglage tertiaire fréquence - puissance 10

4. MISE EN ŒUVRE DES EXIGENCES PAR LES PRODUCTEURS 11

4.1 Réglage primaire de fréquence 12
4.1.1 Installations nouvelles – capacités constructives de référence 12
4.1.2 Installations existantes 13
4.1.3 Performances fonctionnelles du réglage primaire de la fréquence 14

4.2 Réglage secondaire fréquence - puissance 15
4.2.1 Installations nouvelles – capacités constructives de référence 15
4.2.2 Installations existantes 15
4.2.3 Performances fonctionnelles du réglage secondaire de fréquence (RSFP) 16
4.2.4 Cas particulier des installations disposant de deux générateurs thermique tels que les Cycles Combinés à Gaz 17

4.3 Réglage tertiaire fréquence - puissance 18

5. CONTRAT DE PARTICIPATION AUX SERVICES SYSTEME 18

6. REFERENCES AUTRES QUE REGLEMENTAIRES 19

1. RAPPEL DES EXIGENCES

1.1 Exigences réglementaires applicables aux installations de production

- Décret n° 2008-386 du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement pour le raccordement d'installations de production aux réseaux publics d'électricité [1].
- Décret n° 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 de l'électricité. [2]
- Arrêté du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement au réseau public de transport d'une installation de production d'énergie électrique [3].
- Arrêté du 4 juillet 2003 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement au réseau public de transport d'une installation de production d'énergie électrique. [4].

1.2 « Operation Handbook ~~Policies~~ » de l'ENTSO-E ~~UCTE (Union pour la Coordination du Transport de l'Electricité)~~ appliqué par RTE

L'ENTSO-E, association européenne des gestionnaires de réseaux de transport européens, a été crée en juillet 2009 par la fusion d'associations de gestionnaires de réseaux antérieures, dont en particulier l'UCTE (Union pour la Coordination du Transport de l'Electricité) à laquelle adhérait RTE.

L' « Operation Handbook » a été développé et adopté, à l'origine, par l'UCTE et ses développements et révisions sont maintenant pris en charge par le groupe régional d'Europe continentale de l'ENTSO-E (RGCE). Il comprend un ensemble à jour de principes et règles applicables aux gestionnaires de réseaux de transport en Europe.

Le principal objectif de l' « Operation Handbook » est de fournir un cadre technique à l'exploitation du réseau interconnecté des membres du RGCE de l'ENTSO-E, comprenant des politiques relatives à la sécurité de l'exploitation, aux mesures spécifiques aux situations d'incident et enfin aux échanges de données. Plus globalement, l' « Operation Handbook » apporte l'interopérabilité nécessaire entre les gestionnaires de réseaux connectés aux zones synchrones.

RTE en tant que membre de l'ancienne UCTE s'était engagé, en signant un « multi lateral agreement » avec ses partenaires ~~de l'UCTE~~, à respecter les Politiques (Policies) constituant

l'Opération Handbook [1] ~~de l'UCTE~~. Cet accord reste naturellement en vigueur avec la mise en place de l'ENTSO-E. ~~En effet, l'UCTE, et avant l'UCPTE (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité), a progressivement dégagé et fait appliquer de grands principes d'exploitation des systèmes interconnectés synchrones. Le respect de tels principes a permis à ses membres de constituer et d'exploiter un système électrique synchrone parmi les plus importants du monde. Ceci a été obtenu par un consensus entre des entreprises très diverses et en préservant un maximum d'autonomie pour chacun de ses membres dans le souci de la sûreté de fonctionnement du système et de la qualité de service.~~

L' « Operation Handbook » inclut une politique relative au réglage de la fréquence et à de l'équilibre production – consommation : la « Policy 1 » intitulée « Load frequency control and performances ». La référence [i] du présent article renvoie à cette politique. ~~Les documents référencés [i] décrivent la Politique UCTE concernant le réglage de la fréquence et de l'équilibre production – consommation.~~

2. ENJEUX POUR LE SYSTEME ET LES UTILISATEURS

Le réglage de la fréquence répond à deux exigences :

- **Satisfaire les utilisateurs** : le maintien de la fréquence proche de sa valeur nominale est nécessaire au bon fonctionnement des matériels électriques et des process des consommateurs et des producteurs, conçus pour un fonctionnement sur une plage de fréquence donnée (cf. chapitre 3.1]). De trop grandes excursions de fréquence sont inadmissibles pour certains matériels et peuvent conduire à des disfonctionnements dans les installations des utilisateurs.

- **Assurer la sûreté de fonctionnement du système** : éviter les écroulements de fréquence. L'évolution de la fréquence est l'image directe du déséquilibre entre la production et la consommation :

  - la fréquence augmente, lorsque le bilan production - consommation est excédentaire ;

  - la fréquence diminue, lorsque le bilan production - consommation est déficitaire.

  Et ceci à l'échelle européenne, puisque le système électrique européen est entièrement interconnecté par des liaisons synchrones réunissant entre eux en un même système de fréquence uniforme, l'ensemble des charges et des groupes de production.

Face aux évolutions normales de la consommation et aux divers aléas rencontrés en exploitation (pertes de groupes de production ou de charge…), le maintien de l'équilibre production - consommation et le maintien d'une valeur satisfaisante de la fréquence nécessitent d'adapter en permanence le niveau de la production à celui de la consommation.

[1] ~~*http://www.ucte.org/ohb/cur_status.asp*~~

Pour réaliser cette adaptation du niveau de production, il faut disposer de réserves de puissance mobilisables soit par le biais d'automatismes (réglages primaire et secondaire), soit par l'action des opérateurs (réglage tertiaire).

3. PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT [2]

3.1 Le réglage primaire de fréquence

Le réglage primaire de fréquence est indispensable à la sûreté du système électrique. En effet, face aux aléas et incidents tels que fluctuations rapides de la consommation (enclenchements tarifaires, déclenchements de charges…) et déclenchements de groupes de production, c'est le dispositif qui rétablit automatiquement et très rapidement l'équilibre production - consommation et maintient la fréquence à une valeur proche de la fréquence de référence.

Le réglage primaire est mis en œuvre par l'action des régulateurs de vitesse des groupes de production qui agissent en général sur les organes d'admission du fluide moteur à la turbine lorsque la vitesse du groupe (image de la fréquence) s'écarte de la vitesse de consigne par suite d'un déséquilibre entre la production et la consommation de l'ensemble du système européen interconnecté synchrone.

Pour chaque groupe j participant au réglage primaire fréquence - puissance, la loi de réglage statique de la puissance mécanique résultant de l'action du régulateur de vitesse doit être de la forme :

$$P_j - P_{c\,j} = -K_j \cdot (f - f_0)$$

avec :

P_j [MW]	=	Puissance réelle fournie par le groupe j en mode quasi stationnaire.
$P_{c\,j}$ [MW]	=	Puissance de consigne du groupe j à la fréquence de référence f_0.
f [Hz]	=	fréquence déduite de la mesure de vitesse du groupe j.
f_0 [Hz]	=	fréquence de consigne, généralement égale à la fréquence de référence (50 Hz).
K_j [MW/Hz]	=	« Energie réglante » du groupe j.

La compensation d'un écart du bilan production - consommation est assurée par une action répartie sur tous les groupes du système européen interconnecté synchrone participant au réglage primaire. Selon les critères de l'« Operation Handbook »~~UCTE~~, le temps de réponse doit être compris entre 15 s et 30 s.

La fréquence f_1 atteinte en fin d'action du réglage primaire est différente de la fréquence de consigne f_0, et l'écart entre f_1 et f_0 est d'autant plus faible que l'énergie réglante totale du

[2] Pour plus de détails se référer au « Mémento de la sûreté du système électrique » [ii] édité par RTE : *http://www.rte-france.com/htm/fr/qui/qui_reseau_memento.jsp*
ou http://www.rte-france.com/htm/fr/vie/vie_publi_annu_memento.jsp

système européen interconnecté synchrone est grande. On rappelle que ~~l'UCTE préconise que cette~~ le RGCE de l'ENTSO-E demande à ses membres de disposer d'une énergie réglante supérieure ou ~~soit~~ égale à ~~21000~~ 26000 MW/Hz (valeur 2010),~~pour l'année 2005~~, ~~et que~~ cette valeur étant ~~est~~ revue périodiquement ~~par l'UCTE~~.

La compensation d'un écart du bilan production - consommation ΔP_{bil} par l'ensemble des groupes réglants est égal à :

$$\Delta P_{bil} = -\sum_j \left(P_j - P_{c\,j}\right)$$

L'écart de fréquence résultant se détermine alors par l'équation suivante :

$$f_1 - f_0 = \frac{\Delta P_{bil}}{\sum_j K_j}$$

avec :

ΣK_j [MW/Hz] = Energie réglante totale du système européen synchrone.

Et chaque groupe réglant j produit :

$$P_j = P_{c\,j} - K_j \cdot \left(f_1 - f_0\right)$$

Cependant, le réglage primaire ne rétablit l'équilibre offre - demande que si on dispose d'une réserve de puissance - la réserve primaire - suffisante. La réserve primaire disponible est la somme des réserves primaires des groupes de l'ensemble du système européen interconnecté synchrone. ~~L'UCTE préconise que~~ Le RGCE de l'ENTSO-E demande à ses membres de constituer une ~~cette~~ réserve au moins ~~soit~~ égale à 3000 MW pour l'ensemble du système synchrone continental ~~UCTE~~, ce qui conduit à affecter une côte part d'environ ~~700~~ 600 MW au système français (la valeur précise étant définie annuellement par le RGCE de l'ENTSO-E ~~l'UCTE~~ sur la base de la production totale de l'année n-~~2~~1 de chaque pays).

3.2 Le réglage secondaire fréquence - puissance

L'action du réglage primaire laisse subsister un écart de fréquence par rapport à la fréquence de consigne f_0. Elle provoque également des écarts sur les échanges entre les pays du système interconnecté synchrone : en effet, tous les groupes des différents pays du système interconnecté synchrone participant au réglage primaire réagissent à la variation de fréquence commune, que la perturbation se produise sur le système électrique du pays ou en dehors de celui-ci.

Le réglage secondaire d'une zone de réglage [3] a donc pour but :

- de solliciter essentiellement la réserve secondaire de la seule zone de réglage où est apparu ce déséquilibre ;
- de retrouver le programme d'échange initialement convenu entre la zone origine de la perturbation et l'ensemble des zones voisines auxquelles elle est interconnectée, et de ramener la fréquence du système synchrone à sa valeur de référence ;
- et ainsi, de restaurer l'intégralité de la réserve primaire engagée par l'ensemble des membres ~~de l'UCTE~~du RGCE de l'ENTSO-E pour pallier tout nouveau déséquilibre production - consommation.

Ce réglage secondaire est réalisé par un organe centralisé situé au centre de conduite de chaque zone de réglage i, avec pour rôle de modifier automatiquement le programme de production des groupes réglants, jusqu'à annuler l'écart de réglage G_i (cf. §B.2 de l'Appendix 1 : « Load-Frequency Control and Performance » [i]).

Le réglage secondaire de la zone France, dont RTE a la charge, inclut le système électrique français et le système électrique ibérique. Il est conforme aux principes de l'« Operation Handbook »~~préconisés par l'UCTE~~.

La fonction d'écart de réglage ΔE utilisée pour le réglage secondaire de la zone France traduit la fonction G_i de l'« Operation Handbook » ~~l'UCTE~~ (cf. §B.2 de l'Appendix 1 : « Load-Frequency Control and Performance » [i]),

$$\Delta E = \Delta f + \frac{\Delta P_i}{\lambda},$$

avec,

Δf [Hz] = écart de fréquence par rapport à la fréquence de référence,

ΔP_i [MW] = écart entre le bilan des puissances mesurées sur les lignes d'interconnexion internationales de la France avec les pays frontaliers autres que l'Espagne [4] et le bilan des échanges programmés avec ces mêmes pays,

λ [MW/Hz] = énergie réglante secondaire de l'ensemble France + péninsule ibérique.

Le signal de commande envoyé aux groupes de production participant au réglage secondaire afin de modifier leur puissance de consigne prend la forme d'un signal N_{RSFP} appelé « niveau de téléréglage » correspondant au ΔP_{di} de l'« Operation Handbook »~~l'UCTE~~ (cf. §B.4 de

[3] *zone de réglage : composée d'un ou plusieurs systèmes cohérents, chaque système étant contrôlé par un seul GRT. Chaque zone de réglage dispose d'un seul système de réglage secondaire fréquence – puissance.*

[4] *La Grande Bretagne est également exclue de ce bilan car elle n'est pas interconnectée de façon synchrone avec le réseau de la région d'Europe continentale ~~l'UCTE~~ .*

l'Appendix 1 : « Load-Frequency Control and Performance » [i]). Ce niveau N_{RSFP} est déterminé par l'équation suivante :

$$N_{RSFP} = -\frac{\alpha}{P_r} \cdot \int \Delta E \cdot dt - \frac{\beta}{P_r} \cdot \Delta E$$

avec :

α [MW/tour] = pente du réglage (gain intégral), valeur comprise entre 65 et 130,

β [MW/Hz] = gain proportionnel, pris égal à zéro.

P_r [MW] = demi-bande de réglage, ou total des participations, pr_j (cf. §4.2), des groupes appartenant à la zone de réglage.

Le niveau N_{RSFP} est limité à la hausse à +1 et limité à la baisse à –1.

Le choix des paramètres des régulateurs de chaque zone de réglage i est déterminant pour permettre que seul le régulateur de la zone perturbée réagisse et mette en œuvre la puissance de réglage secondaire nécessaire. Pour cela, il faut tout d'abord un bon découplage temporel entre l'action du réglage primaire et celle du réglage secondaire (pour la zone France la constante de temps du réglage secondaire est de l'ordre de 100 à 200 s), et il faut que le paramètre K_{ri} de l'« Operation Handbook »~~l'UCTE~~ (cf. §B.3 de l'Appendix 1 : « Load-Frequency Control and Performance » [i]) du régulateur secondaire fréquence - puissance de chaque zone i (λ dans le cas du régulateur secondaire de la zone France) soit très légèrement supérieur (d'environ 10%) à l'énergie réglante effective de sa zone (pour la zone France, énergie réglante du système électrique français + énergie réglante du système électrique ibérique).

Pour limiter les sollicitations dynamiques sur les groupes asservis au réglage secondaire, la vitesse de variation du niveau est écrêtée. Deux valeurs de « pente » maximale de variation du niveau N_{RSFP} sont utilisées par RTE

- une pente dite « normale » correspondant à une variation du niveau entre –1 et +1 en 800 secondes ;

- une pente dite « d'urgence », utilisée dès lors que l'écart de réglage ΔE devient supérieur à 1800 MW (soit plus que la perte du plus gros groupe connecté sur le réseau de RTE et correspondant donc à des aléas multiples), correspondant à une variation du niveau N_{RSFP} entre –1 et +1 en 133 secondes.

~~Par ailleurs, la réserve secondaire (ou demi-bande de réglage) de la zone France est comprise en général entre 500 MW et 1000 MW, selon la plage horaire et la période de l'année~~.

Le volume de réserve secondaire (demi-bande de réglage), nécessaire à la zone de réglage France, est calculé par RTE pour chaque pas ½ horaire selon les critères suivants :

- Le volume minimal est égal à 500 MW,
- Pour les périodes de faible gradient de la demande (D), (soit un gradient G < 6000 MW par 1/2heure ou 200 MW/mn), le volume de la réserve secondaire est égal à la valeur minimale empirique recommandée par l'« Operation Handbook », prévue pour couvrir les variations aléatoires affectant l'équilibre Production Consommation (noise signal). Cette valeur minimale est calculée par la formule :

$$\sqrt{10 * D + 22500} - 150$$

où D désigne la demande exprimée en MW (consommation France + échanges aux frontières)

- Pour les périodes de fort gradient de la demande (D), soit un gradient (G > 6000 MW par 1/2heure ou 200 MW/mn), le volume de la réserve secondaire est calculé de façon à réduire le risque de passage en butée RSFP. Ce volume est égal à G/6 (G exprimé en MW par ½ heure).
- Sur certains points ½ horaires particuliers, les volumes de réserves issues de l'application des critères précédents, peuvent être lissés de façon à respecter les éventuels engagements d'encadrement prévus dans le contrat de participation aux services système (article 5), ou plus généralement pour éviter des fluctuations inutiles à la hausse ou à la baisse lors des périodes ou la tendance s'inverse plusieurs fois de suite.

Les gradients les plus forts sont généralement observés autour des heures rondes, durant la période de 10 minutes pendant laquelle les programmes d'échanges aux frontières sont modifiés.

La réserve secondaire, telle que dimensionnée ci-dessus, ne peut donc ~~ne~~ pas compenser toutes les perturbations comme par exemple la perte du plus gros groupe couplé (généralement 1450 MW). Dans ce cas, la mobilisation de la réserve secondaire ne permet pas de reconstituer intégralement la réserve primaire qui reste entamée - voire intégralement utilisée - et la réserve secondaire est épuisée : il faut donc mobiliser une réserve complémentaire, la réserve tertiaire.

3.3 Réglage tertiaire fréquence - puissance

La réserve tertiaire sert non seulement à pallier un éventuel déficit de réserve secondaire en cas d'accroissement rapide de l'écart entre production et consommation, mais également à rééquilibrer le système en cas d'accroissement lent de l'écart entre production et consommation. Pour cela, deux types de réserve tertiaire sont constitués :

- La réserve tertiaire garantie contractuellement, comprenant la réserve tertiaire mobilisable en 15 min (environ 1000 MW) et la réserve tertiaire mobilisable en 30 min (environ 500 MW),
- Et la réserve tertiaire non garantie, comprenant des réserves mobilisables à d'autres échéances (par exemple la réserve tertiaire 2 h et la réserve tertiaire 8h).

La mobilisation de ces réserves n'est pas automatique contrairement au réglage primaire et secondaire : elle se fait par appel téléphonique depuis les centres de conduite de RTE vers les centres de conduite des installations de production.

La marge 15 min (réserve secondaire + réserve tertiaire 15 min) doit permettre de compenser la perte du plus gros groupe couplé, selon les exigences de l'« Operation Handbook » ~~l'UCTE~~ [i]. Elle doit pouvoir être reconstituée en moins d'une demi-heure. Plus généralement, le dimensionnement des réserves (tertiaires + secondaire) doit permettre de passer les pointes de consommation du matin et du soir avec, pour chacune, une probabilité inférieure à un seuil acceptable par RTE de faire appel aux moyens exceptionnels (offres exceptionnelles faites dans le cadre du mécanisme d'ajustement, passage à P_{max} pour les groupes hydrauliques, surcharge des groupes thermiques, compléments fuel sur les groupes thermiques classiques).

4. MISE EN ŒUVRE DES EXIGENCES PAR LES PRODUCTEURS

En France, le principe retenu pour disposer d'une capacité de réglage de la fréquence conforme aux règles de l'« Operation Handbook » ~~l'UCTE~~ consiste à ce que la réserve de puissance soit, en tant que possible, ~~affectée à~~répartie entre tous les producteurs disposant d'installations à capacité constructive en fonctionnement. Chaque producteur~~, tout en laissant à ces producteurs la possibilité de répartir~~ peut constituer sa quote-part de ~~cette~~ réserve sur ~~leurs~~ ses installations ou peut déléguer la mise en œuvre d'une partie de cette réserve à d'autres producteurs. Ce ~~choix~~ principe permet de :

1) De garantir la disponibilité de la réserve en cas d'aléa sur une installation participante ou en cas d'aléa conduisant à la séparation du réseau en parties non synchrones,
2) De garantir la dynamique de restitution de l'ensemble en minimisant la plage de réglage individuelle des installations,
3) De permettre, autant que possible, une autonomie d'exploitation des producteurs en leur permettant de gérer par eux même la constitution des réserves mises à disposition de RTE,
4) D'assurer une équité de traitement entre producteurs.

En cohérence avec ce principe, la réglementation sur les conditions techniques de raccordement impose depuis l'arrêté du 30 décembre 1999 aux installations de production

demandant un raccordement au RPT de disposer de capacités constructives qui les rendent aptes à assurer le réglage fréquence-puissance. Les capacités constructives des installations raccordées antérieurement à cette date ne relèvent pas de prescriptions réglementaires, mais doivent être déclarées par les producteurs dans le cadre de l'établissement ou de la mise à jour de ~~sa~~ leur convention de raccordement qui doit inclure une convention d'engagement de performances.

En exploitation, chaque producteur doit mettre à la disposition de RTE les capacités de réglage de ses installations.

La contribution d'une installation donnée doit rester inférieure à sa capacité constructive déclarée. Elle doit être communiquée à RTE au titre de la programmation journalière[5] et doit être vérifiable dans le cadre du contrôle continu des performances.

Chaque producteur ~~Il~~ doit participer aux réglages primaire et secondaire de la fréquence ~~dans~~ selon les conditions prévues dans le contrat de participation aux services système (cf article 1).

4.1 Réglage primaire de fréquence

4.1.1 Installations nouvelles – capacités constructives de référence

Toute installation de production de puissance supérieure à 40 MW qui sollicite un raccordement en HTB[6] doit disposer d'une capacité de réglage primaire conforme, a minima, aux exigences du présent article. Les installations de production qui mettent en œuvre de l'énergie fatale ne sont pas assujetties à la participation au réglage primaire en régime normal de fréquence du réseau.

Toute installation de production ayant la capacité constructive de participer au réglage primaire de fréquence doit pouvoir mettre à la disposition de RTE, en cas de baisse de la fréquence, une réserve de puissance active, dite « réserve primaire, R_p », au moins égale à 2,5 % de P_{max}. En cas de hausse de la fréquence, elle doit pouvoir réduire sa puissance de façon à atteindre tout point de fonctionnement situé au delà de P_{min}, puissance minimale technique, et en deçà de P_{max}.

Si l'installation est constituée de plusieurs unités de production, il est du ressort du producteur de répartir la capacité constructive pour que l'installation soit en mesure d'assurer, compte tenu de la somme des P_{max} des unités de production en fonctionnement, le réglage de puissance dans toutes les configurations, quel que soit le nombre d'unités en fonctionnement

---

[5] *Selon les modalités définies dans les Règles relatives à la Programmation, au Mécanisme d'Ajustement et au Recouvrement des charges d'ajustement.*

[6] *Sont concernées à ce titre :*

1. *les installations de production à raccorder directement au RPT*
2. *les installations à raccorder à un jeu de barres HTB privé, raccordé au RPT,*
3. *les installations à raccorder à un réseau de distribution HTB. Le gestionnaire de ce réseau est alors responsable de l'application de l'arrêté du 4 juillet 2003[4] et de la mise à disposition de RTE des capacités de réglage.*

simultané. Il doit informer RTE de son choix et mettre à sa disposition les dispositifs de mesure qui permettent de contrôler la capacité effective du réglage.

L'article 14-II de l'arrêté [2] prescrit le comportement attendu des installations de production assujetties au réglage primaire de la fréquence. A ce titre, ces installations doivent être équipées d'une régulation capable de modifier leur puissance active en fonction de la variation de la fréquence du réseau public de transport. La loi de réglage statique de la puissance mécanique doit être, selon le §3.1, de la forme :

$$P_j - P_{cj} = -K_j \cdot (f - f_0)$$

Elle peut être limitée à la hausse en cas de contraintes sur les matériels (principalement sur les groupes nucléaires et thermiques classiques).

La mise en œuvre du réglage primaire de fréquence doit se faire dans des conditions décrites dans le §4.1.3. Le producteur doit attester de la prise en compte de ces performances au niveau de la conception de son installation et contribuer aux essais de mise en service destinés à les vérifier.

4.1.2 Installations existantes

Les installations déjà raccordées conformément aux arrêtés du 30 décembre 1999 ou du 4 juillet 2003 doivent avoir les capacités constructives prévues par ces textes et qui sont comparables à celles de l'arrêté du 23 avril 2008. Sauf précision différente dans la convention de raccordement ou, à défaut, dans la déclaration préalable de performances, ces installations doivent disposer des capacités constructives de réglage prévues au §4.1.1 ci-dessus.

Les installations de production raccordées antérieurement à la date d'application de l'arrêté du 30 décembre 1999, ou de l'arrêté du 4 juillet 2003 si leur puissance est supérieure à 120 MW, doivent avoir les capacités constructives déclarées par les producteurs dans leur convention de raccordement et/ou dans leur contrat de participation aux services système. A défaut, à la demande de RTE, elles font l'objet d'une déclaration destinée à l'établissement d'une telle convention sur la base de leurs performances existantes. Celles qui doivent être modifiées doivent respecter les exigences suivantes :

- Si la puissance augmente de plus de 10 % et de moins de 50% de P_{max}, seule la partie nouvelle doit être conforme aux dispositions du §4.1.1,
- Si la puissance augmente de plus que 50% de P_{max}, la totalité de l'installation doit être conforme aux dispositions du §4.1.1,
- Si des groupes de production de plus de 40 MW sont remplacés, les nouveaux groupes doivent être conformes aux dispositions du §4.1.1.
- Dans tous les autres cas de figures les groupes non-modifiés doivent préserver leurs performances antérieures déclarées.

La mise en œuvre du réglage primaire de fréquence doit se faire dans les conditions de performances décrites dans le §4.1.3. Tout écart résultant d'une limitation technique dont l'origine est la capacité constructive initiale, est précisé dans la convention de raccordement de l'installation.

4.1.3 Performances fonctionnelles du réglage primaire de la fréquence

La mise en œuvre du réglage primaire de fréquence doit respecter les performances suivantes :

1. Le fonctionnement en réglage primaire de fréquence doit être possible à partir de tout point de fonctionnement situé au delà de P_{min} (minimum technique de l'installation) et en deçà de P_{max}.

2. Pour tout échelon négatif de fréquence $\Delta f = f - f_0$ compris entre 0 et –200 mHz à partir de 50 Hz, l'installation doit être capable de restituer la totalité de la réserve de puissance attendue en moins de 30 s et la moitié de cette réserve en moins de 15 s. La puissance attendue est égale à la plus petite des deux valeurs suivantes :

   - sa capacité constructive de réglage primaire R_p, définie ci-dessus,
   - son énergie réglante multipliée par l'échelon de fréquence, soit $-K_j.\Delta f$.

   Elle doit pouvoir être délivrée pendant au moins 15 minutes.

3. Pour tout échelon positif de fréquence $\Delta f = f - f_0$ compris entre 0 et +200 mHz à partir de 50 Hz, l'installation doit être capable de réduire sa puissance de la valeur $-K_j.\Delta f$ en moins de 30 s et de la moitié de la valeur de $-K_j.\Delta f$ en moins de 15 s. La puissance atteinte doit pouvoir être maintenue réduite pendant au moins 15 minutes.

4. Pour toute variation de fréquence supérieure à ±200mHz, le comportement attendu est défini dans l'article 4.3 « Fonctionnement en régime perturbé » de la DTR.

5. La valeur de l'énergie réglante K_j est déterminée en accord avec RTE et peut être adaptée en fonction des conditions d'exploitation du système électrique. Elle doit être telle que la réserve mise à disposition de RTE, lors de la phase de programmation de l'installation, doit être libérée pour tout écart de fréquence d'amplitude $\geq$ 200 mHz. En tout état de cause K_j ne peut être supérieure à 66 % de P_{max}/Hz, afin de ne pas trop solliciter l'installation, et doit être supérieure à 12,5 % de P_{max}/Hz afin de garantir la libération totale de la réserve pour tout écart de fréquence de plus de 200 mHz.

6. La précision de mesure de la fréquence doit être inférieure à 10 mHz et l'éventuelle insensibilité de la régulation primaire de la fréquence doit être inférieure à ±10 mHz.

4.2 Réglage secondaire fréquence - puissance

4.2.1 Installations nouvelles – capacités constructives de référence

Conformément au 14-III de l'arrêté du 23 avril 2008 toute installation de production de puissance P_{max} supérieure ou égale à 120 MW doit avoir la capacité constructive de contribuer au réglage secondaire de la fréquence en régulant sa puissance active en fonction d'un signal de commande provenant du centre de conduite de RTE dans les conditions prévues dans cet article.

Le réglage secondaire doit être possible dans une bande de réglage a minima égale à ±4,5 % de la puissance maximale de l'installation P_{max}. La demi-bande de réglage secondaire doit s'additionner à celle du réglage primaire pour constituer une réserve totale, à la hausse, d'au moins 7 % de P_{max}.

Une installation à capacité de réglage secondaire doit être munie d'un équipement permettant de recevoir le signal de commande du réglage secondaire, N_{RSFP}, transmis par le centre national de conduite de RTE et de modifier sa puissance de consigne à la fréquence de référence, $P_{c\,j}$, conformément au §3.2 de la façon suivante :

$$P_{c\,j} = P_{c0\,j} + N_{RSFP} \cdot pr_j ,$$

avec,

$P_{c0\,j}$ [MW] = puissance de consigne à f_0 avec $N_{RSFP} = 0$ du groupe j (généralement la puissance de consigne affichée sur le régulateur de vitesse et commandable manuellement par l'exploitant de l'installation de production),

pr_j [MW] = participation du groupe j au réglage secondaire fréquence – puissance.

Compte tenu du réglage primaire, la loi de réglage est finalement la suivante :

$$P_j = P_{c0\,j} + N_{RSFP} \cdot pr_j - K_j \cdot (f - f_0)$$

La mise en œuvre du réglage secondaire de fréquence doit se faire dans des conditions décrites dans le §4.2.3. Le producteur doit attester de la prise en compte de ces performances au niveau de la conception de son installation et mener avec RTE des essais de mise en service destinés à les vérifier.

4.2.2 Installations existantes

Les installations déjà raccordées conformément à l'arrêté du 4 juillet 2003 doivent avoir les capacités constructives prévues par ce texte et qui sont comparables à celles de l'arrêté du 23 avril 2008. Sauf précision différente dans la convention de raccordement ou, à défaut, dans la déclaration préalable de performances, ces installations doivent disposer des capacités constructives de réglage prévues au §4.2.1 ci-dessous.

Les installations de production raccordées antérieurement à la date d'application de l'arrêté du 4 juillet 2003 doivent avoir les capacités constructives déclarées par les producteurs dans le cadre de leur convention de raccordement et/ou dans leur contrat de participation aux services système. A défaut, à la demande de RTE, elles font l'objet d'une déclaration destinée à l'établissement d'une telle convention sur la base de leurs performances existantes. Celles qui doivent faire l'objet d'une modification sont concernées par le réglage secondaire de fréquence dans les conditions suivantes :

- Si la puissance augmente de 10% de P_{max} ou plus et de moins de 120 MW sans dépasser 50 % de P_{max}, la participation de l'installation au réglage secondaire de la fréquence est définie par RTE compte tenu de la capacité constructive de la partie existante et de la puissance totale atteinte,

- Si la puissance augmente de plus que 50 % de P_{max} et dépasse 120 MW, la totalité de l'installation doit avoir la capacité constructive prescrite en §4.2.1.

- Si des groupes de production de puissance supérieure à 120 MW sont remplacés, les nouveaux groupes doivent avoir la capacité constructive prescrite en §4.2.1.

- Dans tous les cas de figures les groupes non-modifiés doivent préserver leurs performances antérieures déclarées.

La mise en œuvre du réglage primaire de fréquence doit se faire dans les conditions de performances décrites dans le §4.2.3. Tout écart résultant d'une limitation technique dont l'origine est la capacité constructive initiale, est précisé dans la convention de raccordement de l'installation.

4.2.3 Performances fonctionnelles du réglage secondaire de fréquence (RSFP)

La mise en œuvre du réglage secondaire de fréquence doit respecter les performances suivantes :

1. Le fonctionnement en RSFP doit être possible à partir de tout point de fonctionnement situé au delà de P_{min} (minimum technique de l'installation) et en deçà de P_{max}.

2. La participation au RSFP (pr_j) doit être introduite au niveau du contrôle – commande avec une résolution inférieure ou égale à 1 MW.

4. L'équipement de réception du niveau N_{RSFP} doit surveiller la pente de variation du niveau et réagir selon les 2 cas suivants :
   - si la pente de variation est inférieure ou égale à 2 pr en 133 secondes, le niveau est appliqué tel quel à la régulation primaire,
   - si la pente de variation est supérieure à 2 pr en 133 secondes, la recopie du niveau RSFP vers la régulation primaire est bloquée tant que la pente ne revient pas à une valeur inférieure.

5. Lors d'une variation du niveau N_{RSFP} en rampe de pente inférieure ou égale à 2/133 s^{-1}, la différence entre la puissance produite P et la puissance de consigne P_c doit être inférieure ou égale à $dN_{RSFP}/dt.pr.T_{eq}$, avec T_{eq} = 20 s.

6. En cas de perte du signal de niveau N_{RSFP}, le groupe doit rester en fonctionnement RSFP avec recopie du signal figé à sa dernière valeur valide. Le blocage de la recopie du niveau N_{RSFP} vers la régulation primaire est signalée à l'opérateur de la centrale.

7. La disponibilité de la fonction RSFP doit être transmise à RTE par l'émission d'une télésignalisation « RSFP ES » / « RSFP HS ». Lorsqu'une installation n'est pas en état de contribuer au RSFP (groupe non couplé, groupe îloté, téléréglage RSFP hors service, défaut de transmission du niveau, défaut affectant la turbine ou le régulateur de vitesse, défaut affectant l'équipement RSFP, fonctionnement en mode manuel), la recopie du niveau RSFP vers la régulation primaire est bloquée et le groupe est sorti du RSFP. La télésignalisation « RSFP » doit alors être positionnée à l'état « RSFP HS ». La remise en service de la fonction RSFP ne doit être possible que par l'action manuelle d'un opérateur de l'installation et être accompagnée de l'émission de la télésignalisation « RSFP ES ».

RTE communique aux producteurs les informations nécessaires à la réalisation du système d'échange d'information du RSFP dans le cahier des charges échanges d'information, conformément à l'article 4.7 « Echanges d'information » de la DTR.

4.2.4 Cas particulier des installations disposant de deux générateurs thermique tels que les Cycles Combinés à Gaz

Pour une installation disposant de deux générateurs thermiques dépendant l'un de l'autre et dont la dynamique de réponse aux réglages de fréquence du second est notablement plus lente que celle du premier, la conformité de cette installation aux performances attendues pour les réglages primaire et secondaire de fréquence peut nécessiter que le producteur mette en œuvre des conditions de fonctionnement particulières en exploitation.

Il appartient au producteur de choisir, dans les essais prévus dans le cahier des charges des Capacités Constructives, ceux qui lui permettent d'établir cette conformité. La conformité doit être établie dans au moins une des options techniques possibles, mais peut être établie, si le producteur le souhaite, dans l'ensemble des options prévues, sous réserve d'avoir réalisé les essais correspondants.

Les options techniques et les essais retenus par le producteur pour établir la conformité de son installation sont précisées dans la convention d'engagement de performances (ou son

équivalent). Les conditions de fonctionnement retenues en exploitation par le producteur doivent être en cohérence avec les choix précédents et sont précisées dans la convention d'exploitation conduite définitive.

En exploitation, RTE procédera au contrôle du respect de ces conditions de fonctionnement, et tout écart sera traité au titre des non-conformités.

4.3 Réglage tertiaire fréquence - puissance

La participation au réglage tertiaire fréquence–puissance relève des règles de participation au Mécanisme d'Ajustement, [iv].

Les réserves rapides, mobilisables en 15 et 30 minutes, font l'objet d'accords particuliers avec les producteurs qui disposent d'installations aptes à les fournir.

~~5.LE CONTRAT DE PARTICIPATION AU SERVICE SYSTEME FREQUENCE - PUISSANCE~~

~~Le principe retenu par RTE pour assurer la disponibilité des réserves de puissance nécessaires à l'exploitation du système électrique continental européen UCTE consiste à répartir, la veille pour le lendemain, le quota de réserve de la France sur l'ensemble des producteurs qui vont injecter sur le RPT en respectant, vis-à-vis de chacun d'eux les conditions prévues dans son contrat de participation. Chaque producteur est responsable de répartir à son tour sa part de réserve sur ses installations ou de la déléguer à d'autres producteurs et d'informer RTE de cette répartition.~~

~~La réserve quotidienne mobilisée par chaque installation participante est, par conséquent, variable en fonction de la charge globale du réseau, de la production programmée et de la répartition que le producteur a décidée entre ses différentes installations. En tout état de cause, la contribution d'une installation donnée doit rester inférieure à sa capacité constructive déclarée. Elle doit être communiquée à RTE au titre de la programmation journalière et doit être vérifiable dans le cadre du contrôle continu des performances.~~

5. CONTRAT DE PARTICIPATION AUX SERVICES SYSTEME

Les conditions techniques, juridiques et financières de mobilisation des réserves des producteurs afin de participer aux réglages primaire et secondaire de fréquence, pour les installations de production disposant des capacités correspondantes, font l'objet d'un « contrat de participation aux services système »[7] signé entre RTE et les responsables de programmation.

[7] *Ce contrat traite également les modalités de participation des producteurs au réglage de la tension.*

~~La gestion de ce dispositif se fait par le biais du contrat de participation aux services système.~~

~~A ce titre, les installations de production à capacité de réglage de la fréquence font l'objet d'un contrat de participation au service système qui décline les conditions de mobilisation et de restitution de la réserve de puissance conformément~~En conformité avec les ~~aux~~ règles énoncées dans le présent chapitre de la DTR, ce ~~. Ce~~ contrat précise en particulier :

- les conditions d'aptitude demandées aux groupes de production contribuant aux réglages,
- les mécanismes d'allocation et de programmation des réserves ~~au quotidien~~ par RTE,
- les règles de répartition à respecter par le producteur et les modalités d'information de RTE de la localisation retenue des réserves,
- les modalités de rémunération des services et les procédures de vérification de la contribution au réglage,
- les conséquences du non-respect des prescriptions et les mécanismes de pénalités associées à un non respect des performances correspondant aux critères d'aptitude.

La trame type du contrat de service système est ~~fournie en annexe de ce chapitre~~publiée dans la documentation technique de référence.

6. REFERENCES AUTRES QUE REGLEMENTAIRES

[i] ~~UCTE~~ ENTSO-E RGCE Operation Handbook – Policy 1 « Load-Frequency Control and Performance » + Appendix 1 « Load-Frequency Control and Performance » (https://www.entsoe.eu/index.php?id=57)~~(http://www.ucte.org/ohb/cur_status.asp)~~

[ii] « Mémento de la sûreté du système électrique », document consultable et téléchargeable sur le site ~~web~~ internet de RTE : http://www.rte-france.com/htm/fr/qui/qui_reseau_memento.jsp

[iii] Trame de contrat de participation aux services système – ~~Annexée à la DTR~~Publiée da dans la documentation technique de référence sur le site internet de RTE : http://clients.rte-france.com/lang/fr/clients_producteurs/mediatheque_client/offre.jsp

[iv] Mécanisme d'Ajustement.