Trame type de certification de l'aptitude au réglage primaire de fréquence d'un dispositif de stockage

- PROJET -

PROJET

SOMMAIRE

SOMMAIRE 2
1. Objet du document 3
2. Définitions 3
3. Réglage primaire de fréquence (mode FSM) 6
4. Dimensionnement et Gestion du stock 9
4.1 Disponibilité du service et dimensionnement du stock 9
4.2 Gestion active du stock 9
4.3 Gestion de l'épuisement et de la saturation du stock 10
4.4 Renouvellement du stock après épuisement ou saturation 10
4.5 Optionnel : Cas des unités avec implémentation des modes LFSM-O et LFSM-U 10
5. Nature des informations échangées 11
Informations relatives au RPFP : 11
6. Exigences complémentaires dans le cas d'une unité de stockage raccordée sur le réseau Public de Distribution (RPD) 13
7. Fiches de contrôle Certification 14
8. Références 15
9. Liste des annexes 16
ANNEXE 1 : Informations et simulations à fournir par le Client (Etape 1) 17
Fiche INFORMATION n°1 : Liste des données 18
Fiche INFORMATION n°2 : Conformité des systèmes dédiés aux échanges d'information 21
Fiche SIMULATION 1 : Comportement dynamique de la régulation de fréquence et disponibilité de la réserve 22
ANNEXE 2 : Essais à réaliser par le Client (Etape 2) 24
Fiche ESSAI n°1 : Test des systèmes dédiés aux échanges d'information 25
Fiche ESSAI n°2 : Réglage primaire de fréquence –mode FSM 26
Fiche ESSAI n°3 : Réglage de fréquence –mode FSM 31
ANNEXE 3 : TRAME type pour restituer les données numériques 32

Figure 1 : Insensibilité 3
Figure 2 : Bande morte 4
Figure 3 : Seuils d'état de charge 6
Figure 4 : Loi de réglage FSM (Frequency Sensitive Mode) 7
Figure 5 : temps d'activation et temps de réponse à un échelon 8

PROJET

1. OBJET DU DOCUMENT

Ce document a pour objet de définir les performances attendues pour la participation au réglage primaire de fréquence de l'Entité de Réglage (EDR) constitué d'une unité de stockage du [nom Client], d'une puissance active maximale à l'injection P_{max} de [valeur P_{max}] MW et avec une capacité totale de stockage (E) de [valeur E] MWh, demandées par RTE en cohérence avec les Règles Services Système [1] et dans le cadre expérimental prévues dans celles-ci, la Documentation technique de référence [2] et code System Operation Guideline (SOGL) [3], et de décrire les simulations et essais à réaliser pour établir le Certificat d'Aptitude au réglage primaire de fréquence.

2. DEFINITIONS

L'Etat normal (Normal State) de la fréquence du réseau est déclaré lorsque :

- la valeur absolue de l'écart de fréquence est inférieure à 200 mHz;

Et

- la valeur absolue de l'écart de fréquence n'est pas supérieure à 50 mHz depuis plus de 15 min ou n'est pas supérieure à 100 mHz depuis plus de 5 minutes

Référence : article 18 de [3]

L'Etat d'Alerte (Alert State) de la fréquence du réseau est déclaré lorsque :

- la valeur absolue de l'écart de fréquence est inférieure à 200 mHz;

Et

- la valeur absolue de l'écart de fréquence est supérieure à 50mHz depuis plus de 15 min ou supérieure à 100mHz depuis plus de 5 minutes

La sortie de l'Etat d'Alerte, c'est à dire le retour à l'Etat Normal, a lieu dès que la valeur absolue de l'écart de fréquence est inférieure à 50 mHz

Les écarts de fréquence sont calculés par rapport à la fréquence nominale f_n = 50,00 Hz
Référence : article 18 de [3]

L'Etat d'Urgence (Emergency State) de la fréquence du réseau est déclaré lorsque :

- la valeur absolue de l'écart de fréquence est supérieure ou égale à 200 mHz;

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 lorsque le signal change de sens

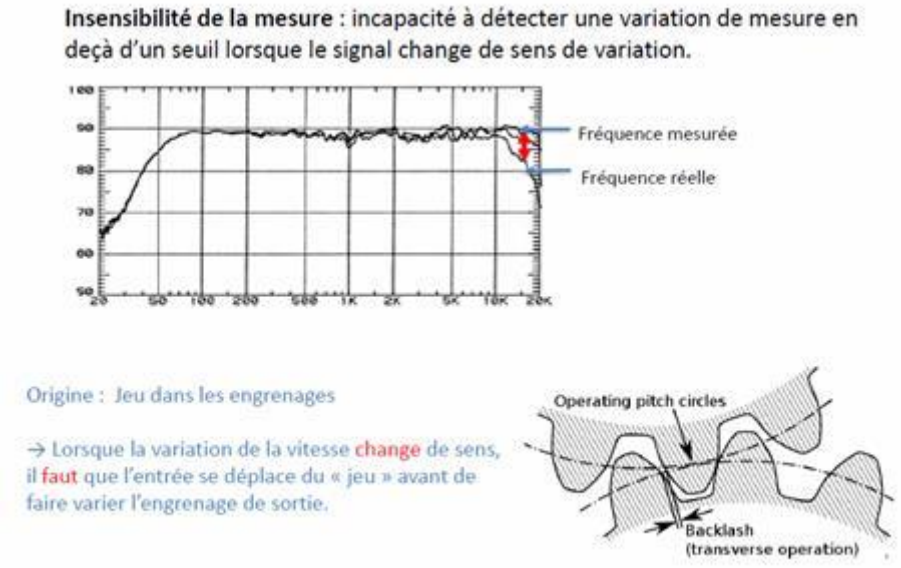


Figure 1 : Insensibilité

PROJET

Bande morte :

Intervalle utilisé volontairement pour « neutraliser » le réglage de la fréquence

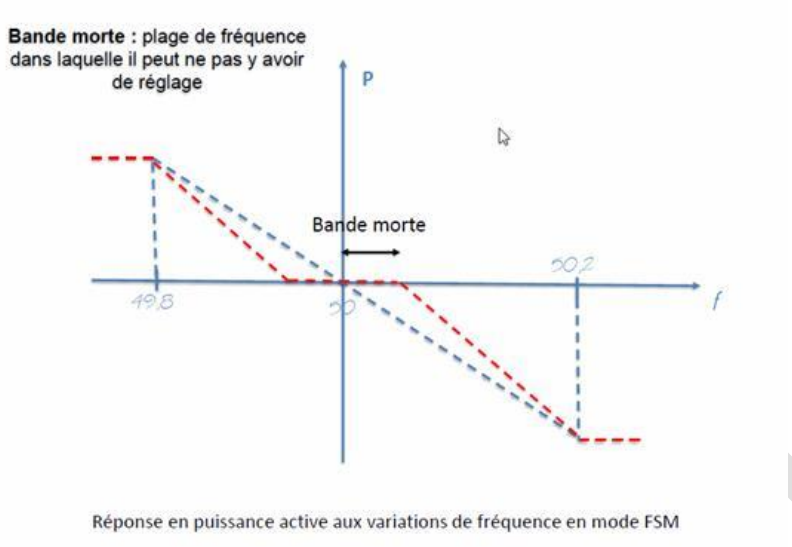


Figure 2 : Bande morte

PROJET

Gain K est défini suivant la formule :

$$K = \frac{Pmax}{fn}\frac{1}{\delta}$$

avec :
f_n [Hz] : fréquence nominale (50 Hz)
K [MW/Hz] : gain de l'unité de stockage
δ [%] : statisme de l'unité de stockage
P_{max} : puissance active maximale à l'injection

Le tableau ci-dessous récapitule les différentes notions de niveaux de stock:

Sigle	Définition
SoC	Etat de charge, niveau de stock à un instant
SoC_{sup}	Seuil supérieur d'état de charge en exploitation normale, garantissant la disponibilité du maintien 15 min (t3) de la réserve primaire R_P à la baisse
SoC_{inf}	Seuil inférieur d'état de charge en exploitation normale, garantissant la disponibilité du maintien 15 min (t3) de la réserve primaire R_P à la hausse
SoC_{max}	Seuil limite supérieur d'état de charge en exploitation, correspondant à une contrainte de sécurité pour l'EDR
SoC_{min}	Seuil limite inférieur d'état de charge en exploitation, correspondant à une contrainte de sécurité pour l'EDR
$SoC_{reserve\ sup}$	Seuil au-dessus duquel le Mode Réserve est activé pour gérer la saturation du stock
$SoC_{reserve\ inf}$	Seuil au-dessous duquel le Mode Réserve est activé pour gérer l'épuisement du stock
E_{utile}	La capacité utile du stock

La capacité utile du stock est exprimée en MWh.

La capacité utile peut être définie côté DC ou AC, ce choix sera précisé dans la fiche 1.

Les niveaux de stock sont exprimés en % de la capacité utile. Par convention dans ce document, la capacité utile est la capacité pour assurer le service de réglage et non la capacité totale de la batterie.

PROJET

Le schéma ci-dessous propose une représentation graphique de ces seuils et des intervalles de stock correspondant à des modes de fonctionnement de l'unité de stockage.

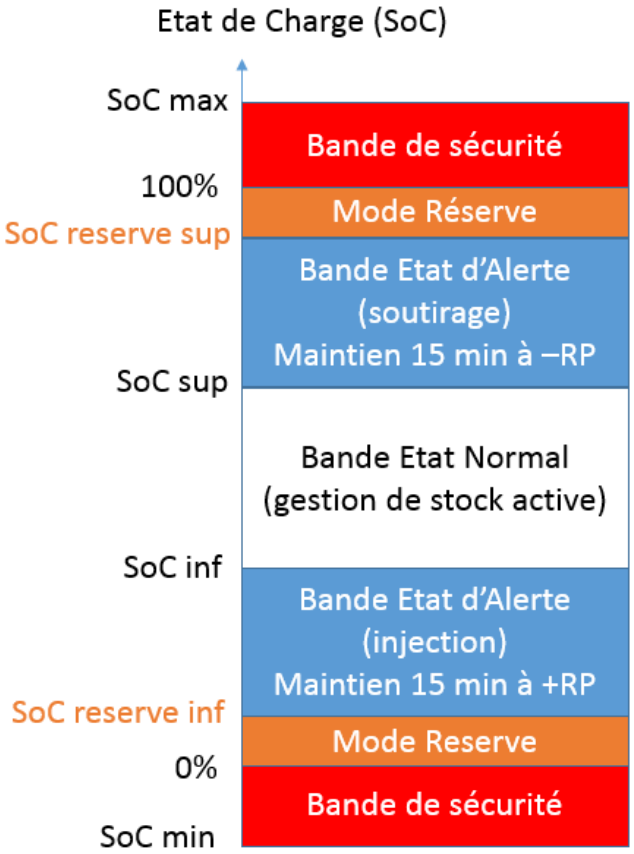


Figure 3 : Seuils d'état de charge

3. REGLAGE PRIMAIRE DE FREQUENCE (MODE FSM)

L'unité de stockage doit disposer d'une aptitude au réglage primaire (mode FSM), en injection et en soutirage, caractérisée par :

- Un volume de réserve de puissance active, dite « réserve primaire, R_p » pouvant être mis à disposition de RTE à la hausse ou à la baisse.
- Une loi de réglage permettant de définir la fourniture effective de cette réserve en réponse à une variation de fréquence.
- Une dynamique temporelle (délai d'activation pour la mise à disposition de cette réserve, et délai de maintien de fourniture de cette réserve)

Le fonctionnement en réglage primaire de fréquence doit être possible à partir de tout point de fonctionnement compris entre P_{max} et $-P_{max}$, y compris lors des pentes de variation de puissance de consigne.

Volume de réserve primaire (R_p)

La réserve primaire R_p est à préciser dans la fiche d'information n°1.

Loi de réglage (caractéristiques de la réponse à une variation de fréquence)

L'unité de stockage doit être équipée d'un régulateur primaire de fréquence assurant la loi de réglage suivante :

$$P - P_c = -K.(f - fn)$$

avec :

P [MW] : puissance réelle fournie par l'unité de stockage en mode quasi stationnaire

P_c [MW] : puissance de consigne de l'unité de stockage à la fréquence de référence f_n

f [Hz] : fréquence mesurée sur le réseau

f_n [Hz] : fréquence nominale (50 Hz)

K [MW/Hz] : gain de l'unité de stockage

Le gain K de l'EDR doit être réglable. Il ne peut être supérieur à K_{max} = 25 R_p MW/Hz et ne peut être inférieur à K_{min} = 5 R_p MW/Hz.

En exploitation, les valeurs des gains à la hausse et à la baisse pourront être différentes, la valeur de chacun des gains devra :

- garantir la libération de la totalité de la réserve mise à disposition de RTE pour tout écart de fréquence d'amplitude supérieure ou égale à 200 mHz quelle que soit la puissance de consigne,
- Lorsque f > f_n ou lorsque f < f_n
    - Etre constant à minima sur une durée de 15 min [1]et en cohérence avec les modifications de puissance de consigne
    - Etre indépendant de la variation de la fréquence.

Une bande morte volontaire peut-être définie dans la régulation de fréquence, à condition de pouvoir être réglable, et notamment mise à 0 (inactive) dans le cas où l'unité participe au réglage primaire de fréquence.

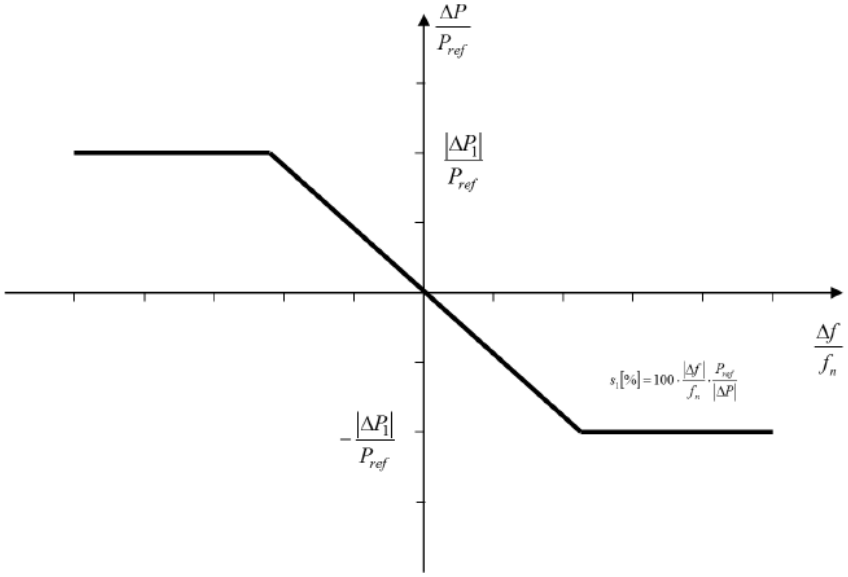


Figure 4 : Loi de réglage FSM (Frequency Sensitive Mode)

fn : fréquence nominale du réseau à 50Hz
Δf : variation de fréquence mesurée sur le réseau

[1] 15 min :cette valeur correspond à la durée du futur pas de temps de règlements des écarts prévu à ce jour début 2025, et est cohérente avec la durée minimale de maintien de la réserve.

s_1 : statisme δ
ΔP : variation de puissance active et, en fonction des conditions de fonctionnement, une baisse de puissance en injection et une hausse de puissance en soutirage
ΔP_1 : réserve primaire R_p
Pref : P_{max}

Dynamique temporelle

Pour toute variation de fréquence $\Delta f = f - f_n$ comprise entre 0 et +/- 200 mHz à partir de 50 Hz, l'activation de la réponse de l'unité de stockage ne doit pas être indûment retardée : le délai d'activation (t1) est à préciser dans la fiche 1 (Si t1 est supérieur à 500 ms, des justifications techniques devront être fournies).

Pour tout échelon de fréquence $\Delta f = f - f_n$ compris entre 0 et +/-200 mHz à partir de 50 Hz, l'unité de stockage doit être capable d'activer la réponse en puissance active sur ou au-dessus de la ligne pleine de la courbe ci-dessous, et notamment de fournir la totalité de la réserve de puissance attendue R_p en moins de 30 s (t2).

La réserve de puissance attendue est égale à la plus petite des deux valeurs suivantes :
- la réserve primaire R_p définie ci-dessus,
- le gain K multiplié par la valeur de l'échelon de fréquence, soit -K.Δf.

Cette réserve de puissance doit pouvoir être délivrée pendant au moins 15 minutes (t3).

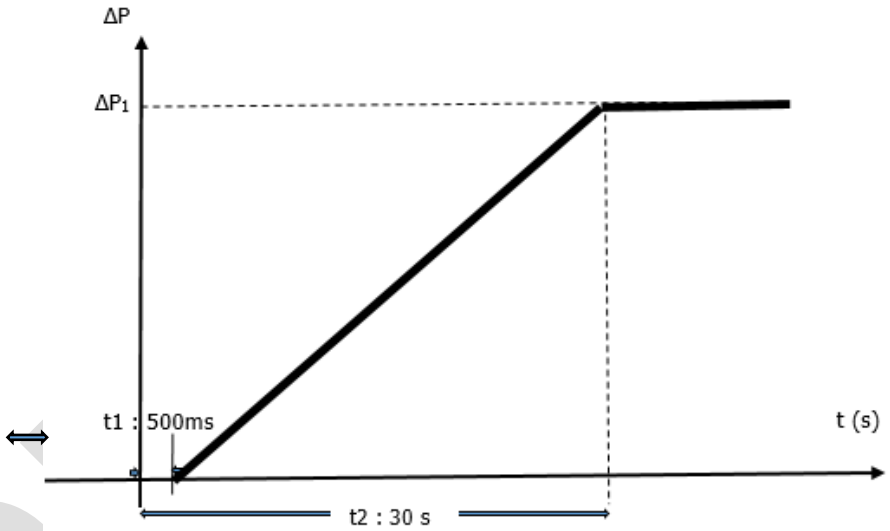


Figure 5 : délai d'activation et temps de réponse à un échelon

La résolution de la mesure de fréquence doit être inférieure à 1 mHz.
La précision de mesure de la fréquence doit être la meilleure possible et dans tous les cas inférieure à 10 mHz.
L'insensibilité de la régulation primaire de la fréquence doit être inférieure à ±10 mHz. L'insensibilité est à préciser dans la fiche d'information n°1.

La mise en œuvre du mode FSM doit être transmise à RTE par l'émission d'une télésignalisation. Lorsqu'une unité n'est pas en état de contribuer au réglage primaire fréquence-puissance (unité non connectée, défaut affectant la régulation), la télésignalisation doit alors être positionnée à l'état hors service « PART.FSM HS ». La remise en service du mode FSM est accompagnée de l'émission de la télésignalisation « PART.FSM ES ».

Les télémesures suivantes doivent également être transmises à RTE :
- Puissance réelle fournie par l'unité en mode quasi stationnaire
- Puissance de consigne de l'unité à la fréquence de référence f_n
- Fréquence mesurée sur le réseau
- Gain K à la hausse de l'unité
- Gain K à la baisse de l'unité

4. DIMENSIONNEMENT ET GESTION DU STOCK

4.1 Disponibilité du service et dimensionnement du stock

L'EDR doit fournir le service de réglage primaire de fréquence de manière continue et permanente en Etat Normal.

En Etat d'Alerte ou en Etat d'Urgence, l'EDR doit fournir le service de réglage primaire de fréquence et être en mesure de maintenir une activation complète de la réserve primaire correspondant à un écart supérieur ou égal à +200mHz (respectivement inférieur ou égal à -200mHz), pendant une durée de t3 (15 minutes) ou l'équivalent en énergie en cas d'écart de fréquence inférieur à 200mHz (respectivement supérieur à -200mHz).

Afin de garantir une réserve en énergie pour un maintien t3 (15 minutes) de l'activation complète du réglage primaire de fréquence à la hausse et à la baisse, l'unité de réglage doit présenter un ratio énergie utile (E_{utile}) sur R_p supérieur à 0,5.

L'unité de réglage doit continuer à fournir le service de réglage primaire de fréquence tant que le stock d'énergie n'est pas épuisé ou saturé (cf § 4.3) .

4.2 Gestion active du stock

Un processus de gestion active du stock doit être implémenté au niveau de l'EDR pour garantir la continuité du service et la disponibilité des réserves en énergie.

Afin de permettre la gestion active du stock et la fourniture de réserve primaire simultanément, la puissance maximale P_{max} doit être supérieure à 110% de la réserve primaire R_p.

La puissance de consigne ne doit pas limiter la participation à la réserve primaire. La puissance de consigne maximale P_{cmax} devra être inférieure ou égale à P_{max}-RP.

Le processus de gestion actif du stock pourra modifier la puissance de consigne Pc de façon à maintenir l'état de charge (SoC) en Etat Normal entre SoC_{inf} et SoC_{sup} ou avoir un état de charge permettant de dégager à la hausse ou à la baisse RP pendant t3 (15 minutes).

Le processus de gestion active du stock ne doit pas avoir d'impact sur le service fourni au titre du réglage primaire (par exemple, le volume de réserve fourni ne doit pas être réduit du fait d'une modification de puissance de consigne).

Dans le cas d'une variation de puissance de consigne en palier, les durées de palier doivent être paramétrables avec une durée minimum de 15 min[2]. Les rampes (MW/min) pour les changements de pallier doivent être paramétrables.

Dans le cas d'une variation continue de puissance de consigne, les rampes (MW/min) doivent être paramétrables et ne pas conduire à un passage de 0 à la puissance de consigne minimale (ou à la puissance de consigne maximale) en moins de 15 min.

En Etat d'Alerte ou en Etat d'Urgence, la modification de la puissance de consigne doit être figée si cette modification va à l'encontre des besoins du système électrique (par exemple, il est interdit de modifier la puissance de consigne à la baisse vers le soutirage si la fréquence est en dessous 50 Hz)

Le principe du processus de gestion active du stock et la méthode d'estimation de l'état de charge seront décrits de manière détaillée dans la fiche d'Information 1. Toute modification du processus de la gestion active du stock doit faire l'objet d'une information à RTE qui pourra demander éventuellement des compléments.

[2] 15 min :cette valeur correspond à la durée du futur pas de temps de règlements des écarts prévu à ce jour début 2025, et est cohérente avec la durée minimale de maintien de la réserve

4.3 Gestion de l'épuisement et de la saturation du stock

L'épuisement ou la saturation du stock sont gérés par l'activation du Mode Réserve, lorsque l'état de charge est respectivement inférieur à $SoC_{reserve\ inf}$ ou supérieur à $SoC_{reserve\ sup}$. Le fonctionnement en Mode Réserve sera défini ultérieurement par RTE.

En l'absence de Mode Réserve les seuils d'état de stock respectent les égalités suivantes :

- $SoC_{reserve\ sup}$ = 100%
- $SoC_{reserve\ infs}$ = 0%

Lorsque l'état de charge atteint les seuils du Mode Réserve, la télésignalisation PART.FSM doit alors être positionnée à l'état hors service « PART.FSM HS ».

Lorsqu'un Mode Réserve est implémenté, il doit être décrit de manière détaillée dans la fiche d'Information 1.

4.4 Renouvellement du stock après épuisement ou saturation

Lorsque le stock est épuisé, saturé ou que le Mode Réserve a été activé, l'EDR doit renouveler son stock au plus tard 2 heures après le retour en Etat Normal. En Etat d'Urgence ou d'Alerte, le renouvellement du stock ne doit pas être mis en œuvre.

Lorsque le stock est renouvelé, l'EDR doit à nouveau participer au réglage primaire de fréquence et la télésignalisation PART.FSM doit alors être positionnée à l'état en service « PART.FSM ES ».

Le principe de renouvellement du stock sera décrit dans la fiche d'Information 1.

4.5 Optionnel : Cas des unités avec implémentation des modes LFSM[3]-O et LFSM-U

Pour les unités de stockage qui ont implémenté le mode LFSM-O et LFSM-U (cf. §6), quel que soit le mode de fonctionnement (gestion active du stock, mode réserve ou renouvellement du stock) le LFSM doit rester activé.

PROJET

[3] LFSM : Limited Frequency Sensitive Mode ou Mode de réglage restreint à la sur-fréquence (mode LFSM-O) ou à la sous-fréquence (LFSM-U)

5. NATURE DES INFORMATIONS ECHANGEES

Informations relatives au RPFP :

Libellé court	**Info**	Description **Sous fonction**	**Usage**	**Unité Physique**	**Plage**
P	TM	Puissance active P de l'unité	La valeur de P peut –être négative (soutirage)	MW	[-110% Pmax; 110% Pmax]
PART.FSM	TS	Unité asservie au réglage primaire de fréquence (En ou Hors FSM)	Indique la participation au réglage primaire de fréquence (commutateur positionné par le client signalant l'état de participation de l'unité au FSM)		
F.PROD	TM	Fréquence F du réseau mesurée au niveau de l'unité	Précision requise : 1/100ème de Hertz	Hz	[47 ; 52 Hz]
PC	TM	Puissance de consigne de l'unité	Puissance de consigne de l'unité à la fréquence de référence fn. La valeur de Pc peut –être négative (soutirage)	MW	[-Pmax ; Pmax]
K.FSM.H	TM	Gain de l'unité à la hausse	Indique le gain de l'unité lorsqu'elle participe au réglage primaire de fréquence	MW/Hz	[0 ; 25 x Pmax]
K.FSM.B	TM	Gain de l'unité à la baisse	Indique le gain de l'unité lorsqu'elle participe au réglage primaire de fréquence	MW/Hz	[0 ; 25 x Pmax]
TM SOC.BESS	TM	Etat de charge de l'unité de stockage	Indique l'état de charge de l'unité de stockage	%	[0 ; 100%]

PROJET

RTE se réserve la possibilité de spécifier des téléinformations complémentaires ultérieurement.

La précision des capteurs de mesure, distincts des dispositifs de comptage est au moins égale à 0,5 % (classe 0,5) dans les conditions fixées par la norme NF EN 60688 et ses additifs de 1999 et 2001.

Références :

- Documentation Technique de Référence [3], art. 4.7 « Echange d'informations et système de téléconduite ».

PROJET

6. EXIGENCES COMPLEMENTAIRES DANS LE CAS D'UNE UNITE DE STOCKAGE RACCORDEE SUR LE RESEAU PUBLIC DE DISTRIBUTION (RPD)

Si l'unité de stockage est raccordée sur le Réseau Public de Distribution (RPD), le fournisseur doit se rapprocher du Gestionnaire de Réseau de Distribution afin de s'assurer qu'aucune contrainte technique ou système de protection n'empêche la fourniture du service de réglage primaire de fréquence tel que défini dans les paragraphes précédents.

PROJET

7. FICHES DE CONTROLE CERTIFICATION

Les contrôles avant certification sont réalisés à l'aide des fiches d'Information, de Simulations et d'Essais présentes en annexe 1 et 2.

Liste des fiches de contrôle certification

Etape 1 (annexe 1) : Informations et Simulations à réaliser avant les essais

Fiches	Contrôle	Nature du contrôle	Installation concernée :
Information 1	Liste des données	Informations	Oui
Information 2	Conformité des systèmes dédiés aux échanges d'information	Informations	Oui
Simulation 1	Comportement dynamique de la régulation de fréquence et disponibilité de la réserve	Simulations	Oui

La validation par RTE de l'étape 1 avec les modalités définies au paragraphe 5.3 de [1] est un prérequis à la réalisation des essais de l'étape 2.

Etape 2 (annexe 2) : Essais

Fiches	Contrôle	Nature du contrôle	Installation concernée
Essai 1	Test des systèmes dédiés aux échanges d'information	Essai réel	Oui
Essai 2	Réglage primaire de fréquence	Essai réel	Oui
Essai 3	Réglage de fréquence	Essai réel	Oui

PROJET

8. REFERENCES

[1] Règles Services Système Fréquence en vigueur

[2] Documentation Technique de Référence en vigueur

[3] System Operation guideline (SOGL) : Règlement (UE) 2017/1485 de la Commission du 2 août 2017 établissant une ligne directrice sur la gestion du réseau de transport de l'électricité

PROJET

9. LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Informations et Simulations à fournir par le Client (Etape 1)

ANNEXE 2 : Essais à réaliser par le Client (Etape 2)

ANNEXE 3 : Trame type pour restituer les données numériques

PROJET

ANNEXE 1 : INFORMATIONS ET SIMULATIONS A FOURNIR PAR LE CLIENT (ETAPE 1)

PROJET

FICHE INFORMATION N°1 : LISTE DES DONNEES

Informations
Dossier intermédiaire

Objectifs
Le Client doit fournir des données techniques afin de permettre à RTE d'évaluer l'impact de l'unité de stockage sur le RPT.

Description

Conditions particulières
Le Client garantit, avec la précision appropriée, l'exactitude des données fournies à RTE. En cas de modification d'une ou plusieurs des données, pouvant survenir au cours de la durée de vie de l'unité de stockage, il appartient au Client de transmettre à RTE les nouvelles valeurs des données et de démontrer à RTE que les caractéristiques de son unité de stockage restent conformes aux prescriptions réglementaires et contractuelles.

Données d'entrée (RTE → Client)
La liste des données définie dans la présente fiche

Résultats (Client → RTE)
La liste des données complétée intégralement (valeurs et précisions), si l'unité de stockage n'est pas concernée, faire figurer la mention « sans Objet ».
Le Client doit renseigner :
- Avant la première mise sous tension de chaque élément : les données de ces éléments avec un statut « révisable »,
- Avant la Certification finale : l'ensemble des données avec un statut « ferme ».

Le statut « révisable » d'une donnée indique que la donnée peut être modifiée par le Client.
Le statut « ferme » d'une donnée indique que la donnée a valeur d'engagement du Client et ne peut être modifiée, sans remettre en cause la demande de raccordement correspondante.

Critères de conformité
- Exhaustivité des données fournies par le Client
- Valeur des données conforme à l'unité ou au format demandé
- Précision renseignée pour chaque donnée numérique

	Unité	***Valeur***	***Précision***
Données générales de l'unité de stockage : (voir Figure 3 : Seuils d'état de charge). Indiquer dans la colonne valeur si la valeur est coté AC ou DC			
Puissance maximale en injection et soutirage (Pmax)	MW		
Type de technologie, fabricant, intégrateur de la partie stockage et électronique de puissance DC/AC de l'unité de stockage	Texte		
Capacité totale du stock (E)	MWh		
Capacité utile du stock (E_{utile})	MWh		
Seuil supérieur d'état de charge en exploitation normale, garantissant la disponibilité du maintien 15 min à $-R_P$ (SoC_{sup})	MWh		
Seuil inférieur d'état de charge en exploitation normale, garantissant la disponibilité du maintien 15 min à $+R_P$ (SoC_{inf})	MWh		
Seuil supérieur d'état de charge en exploitation, contrainte technique (SoC_{max})	MWh		
Seuil inférieur d'état de charge en exploitation, contrainte technique (SoC_{min})	MWh		
Seuil au-dessus duquel le Mode Réserve est activé pour gérer la saturation du stock ($SoC_{reserve\ sup}$)	MWh		
Seuil au-dessous duquel le Mode Réserve est activé pour gérer l'épuisement du stock ($SoC_{reserve\ inf}$)	MWh		

Rendement en charge et en décharge de l'unité de stockage	%		
Unifilaire de raccordement de l'unité de Stockage	schéma		
Description des auxiliaires de l'unité de Stockage (localisation, puissance …)	texte		
Plage de fonctionnement en tension et en fréquence de l'unité de stockage et protections associées	tableau		
Données Générales Raccordement Réseau de Distribution			
Le cas échéant : type de protection sur le départ HTA installé par l'entreprise locale de Distribution	texte		
Le cas échéant : Contraintes et éventuelles dérogations imposées sur l'unité de Stockage par l'entreprise locale de distribution	texte		
Coordonnée GPS, commune, et le cas échéant poste source de l'unité de Stockage de l'unité de Stockage et nom du départ HTA	texte		
Performances de fonctionnement – FSM			
Réserve primaire de l'unité : R_p	MW		
Délai d'activation FSM : t1	ms		
Insensibilité de la régulation de fréquence	mHz		
Pour un système de stockage par batterie **Régulation de fréquence :**			
Description de la loi de la régulation et des conditions prévues en exploitation (gain K dynamique, sur-réglage, adaptation de la dynamique de réponse …)	Texte		
Plage du gain K	MW/Hz		
Durée de maintien de la réserve primaire R_p	min		
Description précise de la stratégie de gestion de la charge de l'unité de stockage (SOC) : du recalage de la puissance de consigne (plage de fréquence, dynamique (rampe (MW/Min), modification en continu ou palier, plage de SOC …), du comportement de l'unité de stockage en cas d'épuisement de la charge et de la stratégie pour la renouveler, du comportement en état d'Alerte ou d'Urgence, du mode réserve, ……	Schéma / Texte		
Description de de la modification de la stratégie de gestion de la charge en cas de réserve primaire de fréquence programmée inférieure à Rp			
Description de la mesure de fréquence utilisée pour le réglage de fréquence (type, performances)			
Description de la méthode d'estimation ou de mesure de l'état de charge de l'unité de stockage transmise à RTE			
Etudes réalisées (simulation, essais …) pour garantir la stratégie de gestion de l'état de charge	Texte		
Description de la dégradation dans le temps des performances de l'unité de stockage et la gestion de cette baisse de performance (requalification, baisse de la performance contractuelle, changement des éléments …)	Texte		
Courbe d'évolution de la charge de l'unité de stockage en fonction des conditions externes (température …).	Texte		

PROJET

Description des dispositifs mis en œuvre pour surveiller la participation de l'unité de stockage au réglage de fréquence, en particulier si des aléas surviennent Description de l'organisation mise en place pour transmettre les informations à RTE (Surveillance 24/24h ou jours/heures ouvrables, opérateurs de permanence ou d'astreinte ; processus de déclaration à RTE d'une contrainte technique en cas de détection d'une mauvaise ou absence de participation au réglage de fréquence)	Texte		
Diagramme détaillé, sous la forme de schémas blocs usuellement utilisés en automatique, de la boucle de réglage, des boucles de limitation associées, comprenant uniquement les constantes de temps de plus de 10 ms et les valeurs des différents paramètres de ce schéma.	Diagrammes et valeurs numériques		

PROJET

FICHE INFORMATION N°2 : CONFORMITE DES SYSTEMES DEDIES AUX ECHANGES D'INFORMATION
Informations   ***Dossier intermédiaire***
Objectifs   Les échanges d'informations sont nécessaires pour une bonne intégration de l'unité de stockage dans le système électrique, et ceci aux différentes échéances de temps. Les informations échangées, qui dépendent de l'importance de l'unité de stockage et de sa participation aux services auxiliaires, doivent être compatibles et cohérentes avec les systèmes de téléconduite et de communication qu'utilise RTE avec les différents acteurs.
Description   Vérification de la conformité des systèmes dédiés aux échanges d'information avec les performances spécifiées par RTE dans les cahiers de charges système d'information annexés à la convention de raccordement. Ces systèmes dédiés aux échanges d'information concernent en particulier :   ▫ le système de téléconduite, (TS, TM, signaux de téléréglages)   Chaque équipement sera testé en liaison avec RTE et dans le respect des protocoles d'échanges.   1. Test du bornier d'interface RTE jusqu'au centre de conduite RTE à partir de signaux fictifs
Conditions particulières
Données d'entrée (RTE → Client)
Résultats (Client → RTE)   Le client doit fournir à RTE le procès-verbal des essais jusqu'au centre de conduite à partir d'injection de signaux fictifs.   Un test complet sera réalisé par RTE afin de tester les équipements mis en place (voir étape 1 de la fiche Essai 1).
Critères de conformité   La fourniture des documents décrits au paragraphe « Résultats »

PROJET

FICHE SIMULATION 1 : COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE LA REGULATION DE FREQUENCE ET DISPONIBILITE DE LA RESERVE

- CAS D'UNE UNITE DE STOCKAGE–

Simulation

Objectifs

L'objectif est de vérifier le comportement de l'installation en réglage primaire de fréquence et la capacité à assurer la gestion active d'un stock équivalent au maintien de la fourniture de réserve primaire maximum) pendant t3 (15 minutes).

Description

Test 1 : Simulation du comportement de l'EDR en réglage primaire de fréquence et de la gestion active de la charge sur l'historique de la fréquence de la période du 01/05/2015 au 30/04/2018

- **Test 1.a :** Simulation numérique sur la période de test
- **Test 1.b :** Analyse et recensement des périodes hors plage [SoC_{inf} ; SoC_{sup}]
- **Test 1.c :** Analyse détaillée des journées du 09 et 10/01/2017 (profil de fréquence basse)
- **Test 1.d :** Analyse détaillée des journées du 6 et 7/04/2018 (profil de fréquence haute)

Test 2 : Simulation de la reconstitution du stock suite à utilisation du réservoir

- **Test 2.a :** En fréquence basse

Simulation à partir du profil de fréquence théorique suivant :

Début	Fin	Fréquence (Hz)
T0	T0 + 40 min	49.8
T0 + 40 min	T0 + 50 min	49.9
T0 + 50 min	T0 + 200 min	50.0

- **Test 2.b :** En fréquence haute

Simulation à partir du profil de fréquence théorique suivant :

Début	Fin	Fréquence (Hz)
T0	T0 + 40 min	50.2
T0 + 40 min	T0 + 50 min	50.1
T0 + 50 min	T0 + 200 min	50.0

Conditions particulières

- L'unité de stockage doit être modélisée conformément aux informations fournies dans la fiche d'information 1 (en particulier le rendement de la batterie, le processus de gestion active de la charge, les seuils de stock,…)
- Les conditions initiales des simulations sont fixées aux valeurs moyennes de l'état de charge (SoC) et de puissance de consigne.
- La simulation doit être représentative du comportement en réglage primaire de la batterie en exploitation.
- La bande morte sera fixée à 0.
- Le pas de temps des simulations est de 10 secondes au maximum.

Données d'entrée (RTE → Client)

- Chronique de fréquence au pas 10 s (disponible : https://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/vie/vie_frequence.jsp)

PROJET

- Annexe 3 : Trame type pour restituer les données numériques (fichier en format csv transmis par RTE)

Résultats (Client → RTE)
Les hypothèses et le modèle adopté seront précisés et justifiés.
Pour chaque simulation, la valeur de R_p sera transmise.

Pour chaque simulation, restitutions des signaux temporels suivants simulés :
- Puissance de consigne (puissance à 50,00 Hz)
- Puissance active
- Etat de charge SoC (%)
- Gain K (différencié si différent hausse et baisse)
- Fréquence
- Réponse théorique attendue (K.Δf)
- Etat D'alerte
- Autres facteurs externes rentrant dans la stratégie de gestion de la charge (Prix de marché …..)

Pour les tests 1 et 2, les résultats doivent se présenter sous la forme suivante :
- Données numériques des enregistrements (suivant trame transmise par RTE) le format attendu est proposé en annexe 3.

Pour les tests 1.c, 1.d et 2, les résultats doivent être présentés sous la forme suivante :
- Graphes avec légende (grandeurs simulées et unités, seuils d'état de charge).
- Echelles des courbes adaptées aux amplitudes mesurées.

Pour les tests 1.b, c et d, les instants d'entrée et sortie dans la plage [SoC_{inf} ; SoC_{sup}] seront indiqués (format jj/mm/aa hh :mm:ss).

Critères de conformité pour tous les tests :
- Le comportement de l'installation doit être conforme aux exigences décrites dans le paragraphe « 3 Réglage primaire de fréquence (mode FSM) »
- L'état de charge en Etat Normal doit rester dans la plage [SoC_{inf} ; SoC_{sup}]. Les sorties de cette plage sont autorisées si l'état de charge permet de dégager à la hausse ou à la baisse RP pendant t3 (15 minutes)
- Les résultats de la simulation doivent être conformes à la stratégie de gestion de la charge décrite dans la fiche d'information 1.
- Les dates et heures d'entrée et sortie de l'état de charge de la plage [SoC_{inf} ; SoC_{sup}] doivent correspondre aux situations Etat d'Alerte.
- Le passage en Réserve Mode ou en épuisement ou saturation de stock doit intervenir après libération de l'équivalent de 15 minutes d'activation complète de R_p.
- Le comportement en Mode Réserve correspond à la description fournie en fiche d'Information 1.
- Le renouvellement du stock est conforme aux exigences du paragraphe « 4.3 Gestion de l'épuisement et de la saturation du stock »

PROJET

ANNEXE 2 : ESSAIS A REALISER PAR LE CLIENT (ETAPE 2)

PROJET

FICHE ESSAI N°1 : TEST DES SYSTEMES DEDIES AUX ECHANGES D'INFORMATION
Essais réels ***Dossier intermédiaire***
Objectifs L'essai vise à vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble des équipements associés aux systèmes dédiés aux échanges d'information.
Description Chaque équipement sera testé en liaison avec RTE et dans le respect des protocoles d'échanges. 1. Test de l'ensemble des équipements dédiés aux échanges d'information entre l'unité de stockage et le centre de conduite RTE en réalisant la première injection.
Conditions particulières Tous les tests doivent être programmés et réalisés en liaison avec RTE.
Données d'entrée (RTE → Client)
Résultats (Client → RTE) Procès verbal des tests des équipements.
Critères de conformité Chaque équipement doit fonctionner correctement dans le respect des protocoles d'échanges.

PROJET

FICHE ESSAI N°2 : REGLAGE PRIMAIRE DE FREQUENCE –MODE FSM

Essais réels
Dossier final

Objectifs

En cas de déséquilibre entre puissance injectée et soutirée sur le réseau (aléas, montée de charge,…), toute unité de stockage participant au réglage fréquence-puissance doit adapter la puissance produite par dans un laps de temps suffisamment court, dans les proportions voulues et une durée suffisante.

Description

L'unité de stockage étant couplée au réseau, les essais suivants seront réalisés :

- **Essai 1 : Cas d'une baisse de fréquence : vérification volume et maintien R_p et dynamique temporelle**
  Injection artificielle d'un échelon de fréquence Δf = - 200 mHz pendant 35 minutes au niveau du régulateur de vitesse.
  L'unité de stockage est à la puissance P_{essai1} la plus défavorable vis-à-vis des critères de conformité (ex puissance de consigne à Pc maximum et état de charge le plus défavorable dans cette configuration)

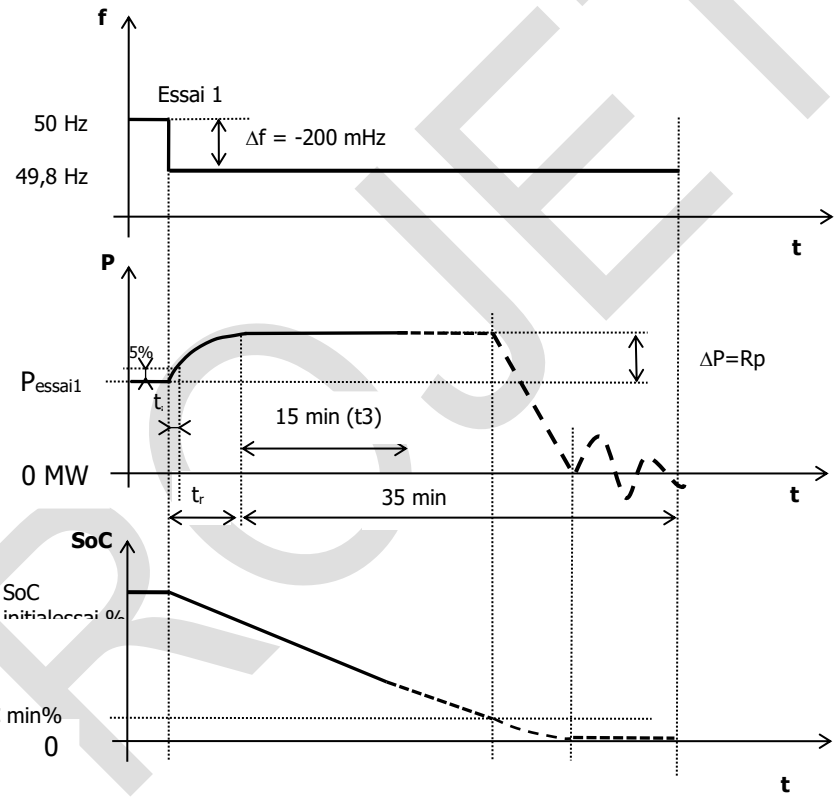


Figure 1

t_i : temps au bout duquel la réponse en puissance est supérieure à l'incertitude de mesure de celle-ci.

t_r : temps au bout duquel la réponse en puissance atteint 95 % de la réserve primaire R_p

- **Essai 2 : Cas d'une hausse de fréquence : vérification volume et maintien R_p et dynamique temporelle**
  Injection artificielle d'un échelon de fréquence Δf = + 200 mHz pendant 35 min au niveau du régulateur de vitesse.
  L'unité de stockage est à la puissance P_{essai2} la plus défavorable vis-à-vis des critères de conformité (ex puissance de consigne à Pc minimum et état de charge le plus défavorable dans cette configuration)

PROJET

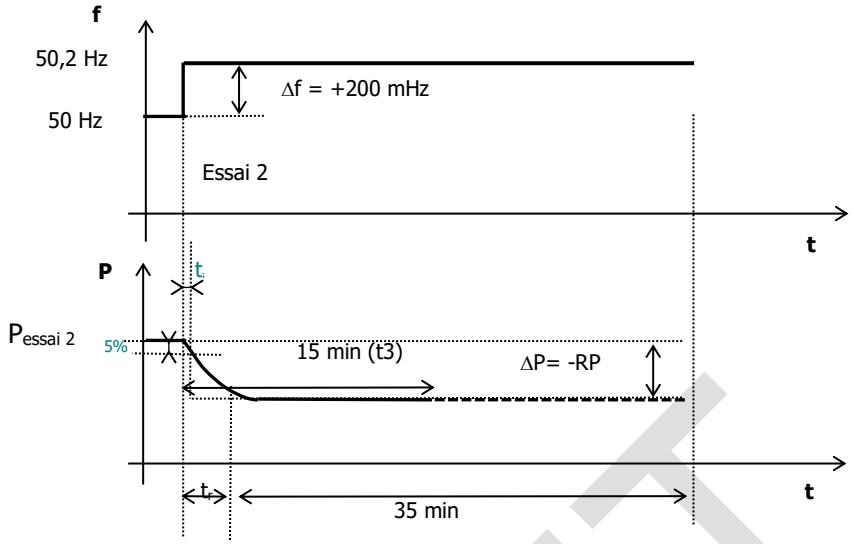


Figure 2

t_i : temps au bout duquel la réponse en puissance est supérieure à l'incertitude de mesure de celle-ci.

t_r : temps au bout duquel la réponse en puissance atteint 95 % $-R_P$

- **Essai 3 : Cas d'une baisse de fréquence : dynamique temporelle sur petit échelon**

  Injection artificielle d'un échelon de fréquence Δf = - 50 mHz au niveau du régulateur de vitesse pendant 5 minutes.

  L'unité de stockage est à la puissance P_{essai3} la plus défavorable vis-à-vis des critères de conformité à laquelle on soustrait la réserve primaire R_p

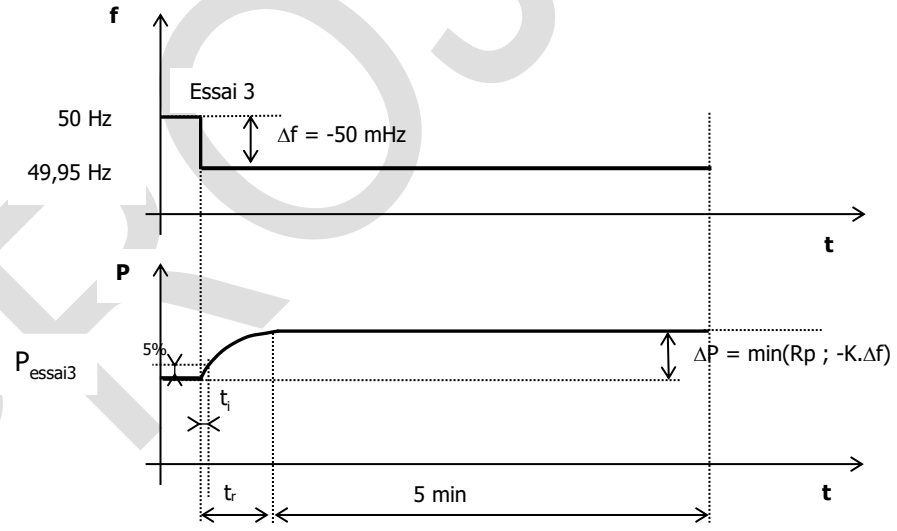


Figure 3

t_i : temps au bout duquel la réponse en puissance est supérieure à l'incertitude de mesure de celle-ci.

t_r : temps au bout duquel la réponse en puissance atteint 95 % de min(R_p ; -K.Δf).

- **Essai 4 : Cas d'une hausse de fréquence : dynamique temporelle sur petit échelon**

  Injection artificielle d'un échelon de fréquence Δf = + 50 mHz au niveau du régulateur de vitesse pendant 5 minutes

  L'unité de stockage est à la puissance P_{essai4} la plus défavorable vis-à-vis des critères de conformité

PROJET

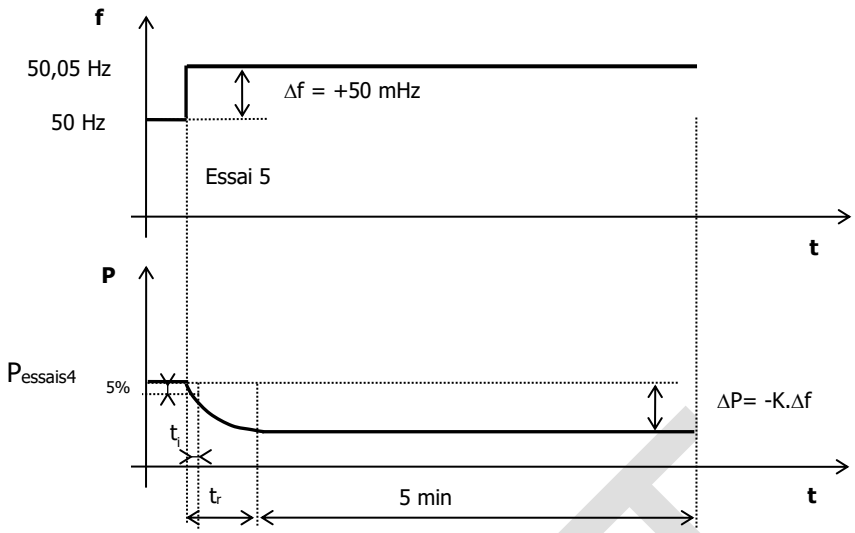
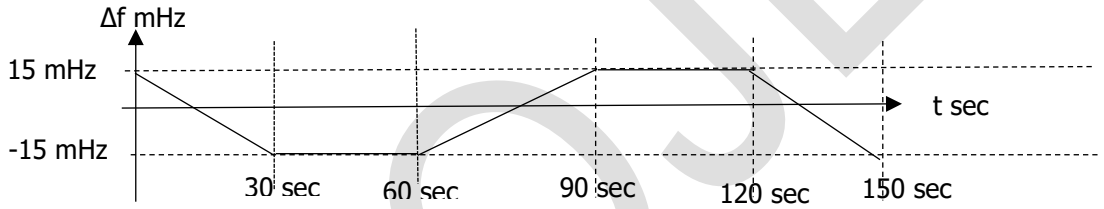


Figure 4

t_i : temps au bout duquel la réponse en puissance est supérieure à l'incertitude de mesure de celle-ci.
t_r : temps au bout duquel la réponse en puissance atteint 95% de -K.Δf.

- **Essai 5 : Vérification de l'absence de bande morte et de l'insensibilité**
  Injection artificielle d'un profil de fréquence suivant le profil suivant :
  L'unité de stockage est à la puissance de référence P_{essai5} à laquelle on soustrait la réserve primaire R_p.



Conditions particulières

- Les tests doivent être programmés et réalisés en liaison avec RTE.
- La variation de la puissance de consigne devra être conforme à la stratégie de gestion de la charge décrite.
- Si une gestion de l'épuisement du stock (Mode Réserve) est présente, celle-ci doit être activée sur les essais 1 et 2. La Reconstitution du stock après épuisement ne sera pas mise en œuvre.
- Les tests doivent être réalisés dans la situation initiale la plus défavorable tels que précisés dans la description de la stratégie de gestion de la charge. Le cas échéant, un profil de fréquence fictif sera injecté afin d'amener l'unité de stockage dans cet état défavorable (ce profil sera décrit et expliqué).
- L'unité de stockage ne participe pas au réglage primaire de fréquence en exploitation au moment des essais.
- S'il existe une bande morte volontaire dans la régulation de fréquence, elle doit être inactive (fixée à 0) pendant les essais.
- Si la gestion de la charge amène l'unité de stockage à avoir un gain variable, les essais seront réalisés avec le gain le plus faible prévu. En complément, les essais 1 à 4 seront réalisés une deuxième fois le gain le plus élevé (essai 1 et 2 réduit à une durée de 5 min)

PROJET

Données d'entrée (RTE → Client)
t3 : 15 minutes

Données d'entrée (Client -> RTE)
Description de la stratégie de gestion de la charge
Description de la méthode caractérisant l'incertitude de mesure pour définir t_i

Résultats (Client → RTE)
- K (MW/Hz)
- R_p (MW)
- Insensibilité de la régulation primaire de fréquence (mHz)

Pour chacun des essais, enregistrements des signaux temporels de la figure 1 :
- Consigne injectée artificiellement dans le régulateur de vitesse
- Puissance active fournie par l'unité de stockage au point de raccordement
- Puissance de consigne (puissance à 50,00 Hz)
- Etat de charge SOC (%)

et indication sur les enregistrements, des valeurs suivantes :
- t_i,
- t_r
- ΔP
- P_{essai}
- P_{max}
- SOC_{sup} et SOC_{inf}
- SOC_{min} et SOC_{max}
- $SOC_{reserve\ sup}$ et $SoC_{reserve\ inf}$

Ces enregistrements doivent inclure les phases de régime permanent précédant et suivant l'événement (au minimum 10 secondes avant et 60 secondes après). Il est nécessaire d'avoir un zoom sur les transitoires avec un échantillonnage minimum de 10 Hz.
Ces enregistrements doivent se présenter sous la forme suivante :
- Format pdf et numérique des enregistrements (fichier Excel par exemple).
- Graphes avec légende (grandeurs mesurées et unités).
- Echelles des courbes adaptées aux amplitudes mesurées.

De plus on calculera pour chacun des essais le gain K du régulateur à partir de la valeur de ΔP mesurée dans les essais 1, 2, 3, 4 et de la formule suivante :

$$K = \frac{P - P_{essai}}{f_n - f}$$

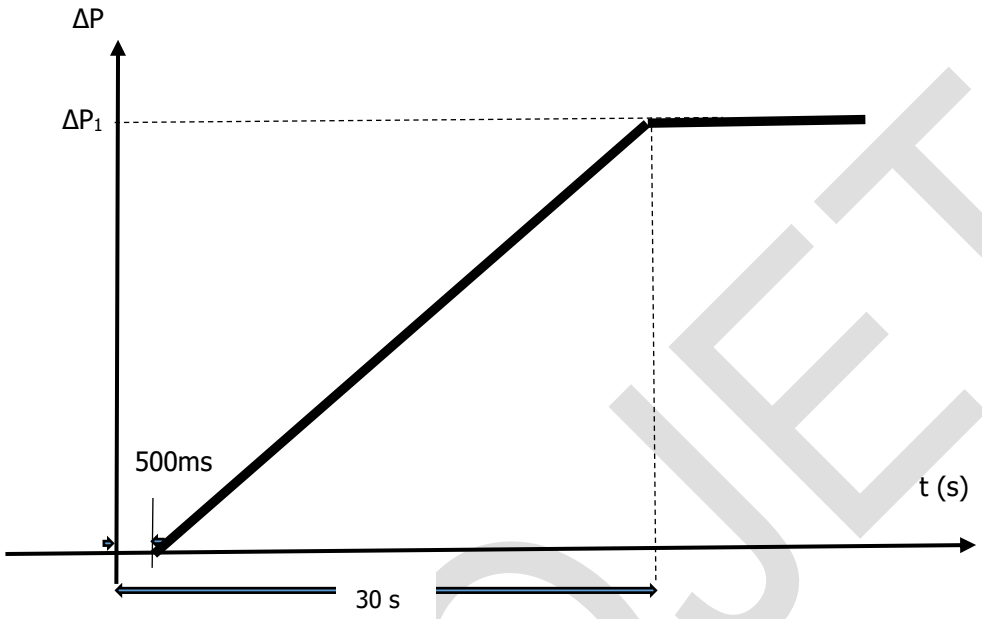
Le choix de l'état initial le plus défavorable sera explicité.

PROJET

Critères de conformité

Pour tous les essais 1, 2, 3, 4, les enregistrements doivent prouver visuellement le respect des points suivants :

- Le comportement doit être conforme à la description de la stratégie de gestion de la charge fournie par le Client
- K_{min} <K (MW/Hz) <K_{max}
- Forme d'onde non oscillante.
- Temps t_i inférieur à 0,5 sec
- La réponse en puissance active sera supérieure au gabarit ci-dessous pendant 95 % du temps, hors période délai d'activation.



Pour l'essai 1 :

- Variation $\Delta P \geq R_p$ maintenue 15 min (t3) après t_r.
- Temps t_r inférieur à 30 s, prouvé visuellement par les enregistrements

Pour l'essai 2 :

- Variation $\Delta P \leq -R_p$ maintenue 15 min (t3) après t_r.
- Temps t_r inférieur à 30 s, prouvé visuellement par les enregistrements

Pour les essais 1 et 2, dans le cas où la puissance ne serait pas maintenue après t3, les phénomènes mis en jeu devront être explicités et mis en lien avec l'état de charge initial choisi.

Pour les essais 3, 4 :

- Variation $\Delta P \geq \min (R_p ; -K.\Delta f)$ maintenue 5 min après t_r.
- Temps t_r inférieur à 30 s, prouvé visuellement par les enregistrements

Pour les essais permettant de calculer le gain K, les enregistrements doivent montrer que :

- K mesuré = K préréglé à ±5 % près.

Pour l'essai 5 :

- L'essai doit démontrer l'absence de bande morte.
- L'essai doit démontrer une insensibilité de la régulation primaire de fréquence < 10 mHz

PROJET

FICHE ESSAI N°3 : REGLAGE DE FREQUENCE –MODE FSM
Essais réels ***Dossier final***
Objectifs Observation du réglage de fréquence lorsque l'unité de stockage est en réglage primaire de fréquence. Selon les conditions de participation au réglage de fréquence souhaitées en exploitation (gain dissymétrique par exemple), les essais réalisés peuvent être adaptés afin de permettre de valider le fonctionnement de l'unité de stockage.
Description L'unité de stockage couplée pendant huit heures. Le fonctionnement global de l'unité de stockage au réglage de fréquence est contrôlé. Par ailleurs, pendant cette durée les essais suivants seront réalisés : **Essai 1 :** Passage de l'unité de hors FSM à en FSM (et réciproquement). **Essai 2 :** Test de fiabilité pendant 8 heures
Conditions particulières ▫ L'essai doit être programmé et réalisé en liaison avec RTE. ▫ L'unité de stockage participe au réglage primaire de fréquence. ▫ Le programme de fonctionnement doit être représentatif du fonctionnement en exploitation définitive de l'unité de stockage (ex l'essai doit être réalisé avec la puissance de consigne initiale et l'état de charge initial à leur valeur moyenne) ▫ Les conditions de participation au réglage primaire doivent être conformes à celles choisies dans la fiche essai n°2. ▫ L'essai 1 doit comporter plusieurs passages de l'état hors FSM à en FSM (et réciproquement) en laissant plusieurs minutes s'écouler entre chaque changement d'état. ▫ S'il existe une bande morte volontaire dans la régulation primaire de fréquence, elle doit être inactive (fixée à 0) pendant les essais.
Données d'entrée (RTE → Client)
Résultats (Client → RTE) ▫ K (MW/Hz) différencié si différence hausse et baisse ▫ R_p (MW) ▫ Insensibilité de la régulation primaire de fréquence (mHz) ▫ Puissance active fournie par l'unité de stockage au point de connexion ▫ Puissance de consigne (puissance à 50,00 Hz) ▫ Etat de charge SOC (%) Grâce aux téléinformations disponibles au centre de conduite régional de RTE, examen par RTE de la réponse de l'unité de stockage lors de l'évolution de la fréquence.
Critères de conformité Les enregistrements au centre de conduite régional de RTE doivent être conformes à l'attendu. ▫ Le comportement de l'unité de stockage doit être conforme aux exigences décrites dans le § réglage primaire de fréquence ▫ Les résultats de l'essai doivent être conformes à la stratégie de gestion de la charge décrite par le Client (évolution Pc, respect des seuils de SOC…) ▫ TS conformes à l'état de l'unité de stockage ▫ K_{min} <K (MW/Hz) <K_{max} ▫ Bande morte fixée à 0 mHz ▫ Insensibilité de la régulation primaire de fréquence < 10 mHz

PROJET

ANNEXE 3 : TRAME TYPE POUR RESTITUER LES DONNEES NUMERIQUES

Format .csv

Colonne A	Colonne B	Colonne C	Colonne D	Colonne E	Colonne F	Colonne G	Colonne H	Colonne I	Colonne J	Colonne K	Colonne L
Date au format jj/mm/aaaa HH:MM:SS (période d'échantillonnage de 10 secondes au plus, à préciser lors de l'envoi si elle est inférieure)	Fréquence en Hz, au mHz près au moins (optionnel si l'EdR ne participe pas au RPFP)	NiveauRSFP entre -1 et 1 (optionnel si l'EdR ne participe pas au RSFP)	Puissance en MW (valeur positive)	Puissance sans réglage en MW (valeur positive, optionnelle)	Puissance totale installation en MW (valeur positive si soutirage, optionnelle)	Etat d'Alerte (à 1 lorsque un état d'alerte est déclaré, sinon à 0)	Rp hausse (en MW)	Rp baisse (en MW)	K hausse (MW/Hz) lorsque f> fn	K baisse (MW/Hz) lorsque f < fn	SoC en %
01/07/2015 00:00	50.0245		25.32	25.121	24.32	0	1	1	25	5	50.05
01/07/2015 00:00	50.023		25.17	25	24.17	0	1	1	25	5	50.06
01/07/2015 00:00	50.022		24.8224	25	23.8224	0	1	1	25	5	50.07
01/07/2015 00:00	50.022		24.755	25	23.755	0	1	1	25	5	50.08
01/07/2015 00:00	50.023		24.91	25	23.91	0	1	1	25	5	50.09
01/07/2015 00:00	50.025		25.6231599	25	24.62315987	0	1	1	25	5	50.1
01/07/2015 00:01	50.031		25.80015	25.0145	24.80015	0	1	1	25	5	50.11

PROJET

Légende des colonnes :

Colonne A : Date au format jj/mm/aaaa HH:MM:SS (période d'échantillonnage de 10 secondes au plus, à préciser lors de l'envoi si elle est inférieure)

Colonne B : Fréquence en Hz, au mHz près au moins

Colonne C : le cas échéant, Niveau RSFP (entre -1 et 1), valeur optionnelle, à compléter si l'EdR participe au réglage secondaire de fréquence

Colonne D : Puissance active en MW (valeur positive) ; Dans le cas d'une unité de stockage c'est la Puissance unité de stockage en MW (valeur positive si soutirage), Puissance réelle fournie par l'unité de stockage en mode quasi stationnaire, P= Pc + KdeltaF , cf trame type certification paragraphe 3

Colonne E : Puissance sans réglage en MW (valeur positive, optionnelle) ; Dans le cas d'une unité de stockage c'est la Puissance de consigne Pc à fn =50,00Hz de l'unité de stockage en MW (valeur positive si soutirage) , cf trame type certification paragraphe 3

Colonne F : le cas échéant, Pt, Puissance totale installation en MW (valeur positive si soutirage), valeur optionnelle ; Dans le cas d'une unité de stockage c'est la somme au point de raccordement de la puissance de l'unité de stockage et des autres process de l'installation (auxiliaires, consommation du site consommateur si raccordement sur un site consommateur)

Colonne G : Volume de réserve primaire Rp à la hausse programmé en MW lorsque f> fn ; Dans le cas d'une unité de stockage cf trame type certification paragraphe 3 mode FSM

Colonne H : Volume de réserve primaire Rp à la baisse programmé en MW lorsque f < fn ; Dans le cas d'une unité de stockage cf trame type certification paragraphe 3 mode FSM

Colonne I : Gain K à la hausse en MW/Hz lorsque f> fn ; Dans le cas d'une unité de stockage cf trame type certification paragraphe 3 mode FSM

Colonne J : Gain K à la baisse en MW/Hz lorsque f < fn ; Dans le cas d'une unité de stockage cf trame type certification paragraphe 3 mode FSM

Les colonnes suivantes sont spécifiques aux unités de stockage (les données fixes SoC max en %, SoC reserve sup en %, SoC sup en %, SoC inf en %, SoC reserve inf en %, SoC min en %, …, E en MWh, cf trame type certification paragraphe 2, sont à fournir en accompagnement du fichier)

Colonne K : Etat d'Alerte (à 1 lorsque un état d'alerte est déclaré, sinon à 0) ; cf trame type certification paragraphe 2 définitions

Colonne L : SoC en %, état de charge à un instant ; cf trame type certification paragraphe 2 définitions et graphique

PROJET