

BATTERIE GRANDE TERRE - CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES

PARTICULIERES

Titre :

SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE
ELECTRIQUE (SSEE)

Référence :

CIST	DTP	ICE	21	0637
-------------	------------	------------	-----------	-------------

Indice

A

Nbre de pages : 34

Nbre d'annexe : 2

Annexe(s) :

Annexe 1. Profils de sollicitation du SSEE en puissance active

Annexe 2. Cahier de vérification des performances système

Document(s) associé(s) :

Planning de remise documentaire (DRS),

Grille d'analyse des offres techniques,

Fichier de clarification.

Annule et remplace :

HISTORIQUE

Date	Indice	Modifications
18/07/2022	A	Première version

SOMMAIRE

1.	Objectif du document	4
2.	Définitions.....	4
2.1.	Général	4
2.2.	Caractéristiques électriques du SSEE.....	4
2.3.	Stock d'énergie	5
2.4.	Performances dynamiques	6
3.	Cadre normatif.....	10
4.	Raccordement	10
5.	Exigences générales du SSEE	10
5.1.	Dimensionnement en puissance active et en énergie.....	10
5.2.	Dimensionnement en puissance réactive.....	11
5.3.	Dimensionnement en courant de défaut.....	12
5.4.	Architecture du SSEE en sous-systèmes.....	12
5.5.	Mode de pilotage	12
6.	Pilotage du SSEE.....	13
6.1.	Programme de marche	13
6.2.	Consignes temps réel	13
6.3.	Régulation de la puissance active	14
6.4.	Régulation de la tension et de la puissance réactive	17
6.5.	Téléinformations	17
7.	Services système	20
7.1.	Réglage primaire de fréquence	21
7.2.	Réglage de tension et de la puissance réactive.....	23
7.3.	Injection et absorption de courant de défaut	26
7.4.	Blackstart et renvoi de tension	26
8.	Manoeuvres.....	28
8.1.	Couplage à un réseau sous tension	28
8.2.	Îlotage en vue d'un recouplage rapide au réseau sous tension	28

8.3.	Marche / Arrêt	28
8.4.	Energisation du SSEE par le réseau sur critère de SOC bas.	28
9.	Tenue aux variations normales et exeptionnelles de la tension et de la fréquence d'exploitation	29
9.2.	Tenue aux perturbations.....	30
9.3.	Qualité de la tension	32
10.	Exigences spécifiques au mode grid forming	32
11.	Modélisation numérique	33
11.1.	Modèles PowerFactory	33
11.2.	Manuel utilisateur	34
11.3.	Mise à jour des modèles et du manuel utilisateur.....	34

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		4/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

1. OBJECTIF DU DOCUMENT

Ce document constitue le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) pour la mise à disposition du stock d'énergie d'un système de stockage d'énergie électrique (SSEE) raccordé au réseau de la Grande Terre au bénéfice du Client.

Sauf mention contraire, les exigences techniques contenues dans ce document sont données au PDL du SSEE et doivent être maintenues pendant l'entièreté du contrat liant le Titulaire au Client.

2. DEFINITIONS

2.1. GENERAL

- **SSEE** : Système de Stockage d'Énergie Électrique ;
- **EMS** : Energy Management System / Système de Management de l'Énergie ;
- **RPTE** : Réseau Public de Transport d'Électricité ;
- **PDL** : Point de livraison du SSEE, correspond à la limite de propriété entre le SSEE et le RPTE telle que défini dans la convention de raccordement et de conduite ;
- **ROCOF** : Rate of change of frequency / taux de variation de la fréquence ;

2.2. CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES DU SSEE

- $P_{\max inj}$: puissance active maximale que le SSEE peut injecter de façon continue dans la limite de son stock d'énergie
- $P_{\max abs}$: puissance active maximale que le SSEE peut absorber de façon continue dans la limite de son stock d'énergie
- $Q_{\max inj}$: puissance réactive maximale que le SSEE peut injecter de façon continue
- $Q_{\max abs}$: puissance réactive maximale que le SSEE peut absorber de façon continue
- S_n : puissance apparente nominale

$$S_n = \sqrt{P_{\max inj}^2 + Q_{\max inj}^2}$$

- U_n : tension efficace entre phases nominale
- I_n : courant de phase efficace nominal AC

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n}$$

- I_{\max} : le courant AC efficace maximal garanti par phase en défaut en situation de creux de tension

2.3. STOCK D'ENERGIE

2.3.1. STATE OF CHARGE

- **SoC** : State Of Charge / Etat de charge ;

Le SoC est la capacité d'énergie déchargeable à un instant donné divisée par la capacité d'énergie maximale déchargeable mise à disposition du Client à ce même instant.

La gestion du SoC par le Client sera la suivante :

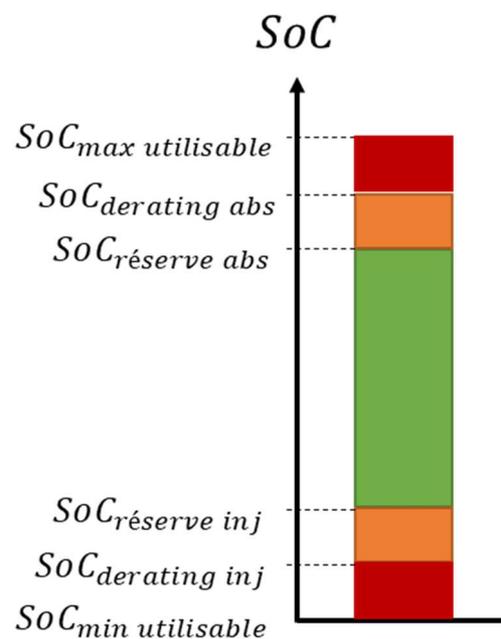


Figure-1 Gestion du stock d'énergie du SSEE réalisée par le Client

- **$SoC_{max\ utilisable}$** : la limite haute de SoC utilisable par le Client ;
- **$[SoC_{derating\ abs} ; SoC_{max\ utilisable}]$** : la plage de SoC pour laquelle le SSEE n'est plus capable de fonctionner à $P_{max\ abs}$ (cf. 5.1) ;
- **$[SoC_{réserve\ abs} ; SoC_{derating\ abs}]$** : la réserve de SoC en absorption que le Client gardera pour gérer les fortes hausses de fréquence ;
- **$[SoC_{réserve\ inj} ; SoC_{réserve\ abs}]$** : la plage de SoC principale, utilisée par le client ;
- **$[SoC_{derating\ inj} ; SoC_{réserve\ inj}]$** : la réserve de SoC en injection que le Client gardera pour gérer les fortes baisses de fréquence ;
- **$[SoC_{min\ utilisable} ; SoC_{derating\ inj}]$** : la plage de SoC pour laquelle le SSEE n'est plus capable de fonctionner à $P_{max\ injection}$ (cf. 5.1) ;
- **$SoC_{min\ utilisable}$** : la limite basse de SoC utilisable par le Client ;

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		6/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

2.3.2. ROUND TRIP EFFICIENCY

- **RTE** : Round Trip Efficiency / rendement aller-retour.

Le RTE est le rapport en pourcents de l'énergie injectée E_{inj} sur l'énergie absorbée E_{abs} au PDL, intégrant la consommation des auxiliaires du SSEE, sur une période de référence, avec un SoC initial et un SoC final égaux, en considérant un profil de charge décharge du SSEE donné.

$$RTE = 100 \times \frac{E_{inj}}{E_{abs}}$$

- **RTE maximal**

Le RTE maximal est le RTE calculé lors d'un cycle de charge – décharge du SSEE comprenant une phase de charge d'une énergie de $E_{max\ abs}$ à $P_{max\ abs}$ immédiatement suivi d'une phase de décharge d'une énergie de $E_{max\ inj}$ à $P_{max\ inj}$.

- **RTE opérationnel**

Le RTE opérationnel est le RTE calculé dans les conditions d'utilisation du stock d'énergie mis à disposition par le Client pour chaque période de référence. La période de référence du jour J :

- Commencé par l'envoi par le client de la première consigne d'absorption de puissance active du jour J ;
- S'achève à l'envoi par le client de la première consigne d'absorption de puissance active du jour J+1.

2.4. PERFORMANCES DYNAMIQUES

2.4.1. REPONSE A UN ECHELON

Les performances dynamiques de la réponse à un échelon de la référence ou de la mesure de la variable pilotée sont définies dans la présente section.

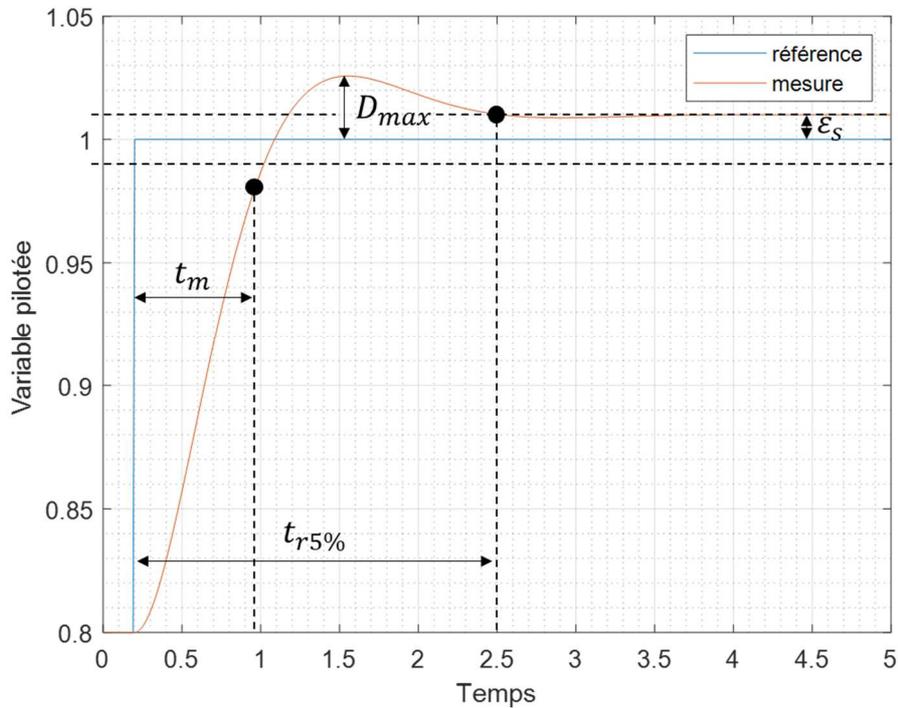


Figure-2 Définition des performances dynamiques de la réponse à un échelon

- **Erreur statique ϵ_s**

Elle correspond à l'écart entre les valeurs finales de la référence et de la mesure de la variable pilotée.

Elle peut être exprimée dans l'unité de la variable pilotée :

$$\epsilon_s = \text{référence}_f - \text{mesure}_f$$

Ou en pourcentage de la référence :

$$\epsilon_s = 100 \times \frac{\text{référence}_f - \text{mesure}_f}{\text{référence}_f}$$

Avec :

- référence_f : la valeur finale de la référence
- mesure_f : la valeur finale de la mesure

- **Dépassement maximal D_{max}**

Le dépassement maximal est la valeur maximale prise par la mesure lors de la réponse à l'échelon.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		8/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

Il peut être exprimé dans l'unité de la variable pilotée :

$$D_{max} = \max(|mesure - mesure_i|)$$

Ou en pourcentage de la valeur finale de l'échelon de référence :

$$D_{max} = 100 \times \frac{\max(|mesure - mesure_i|)}{référence_f - référence_i}$$

Avec :

- *référence_i* : valeur initiale de la référence
- *mesure_i* : valeur initiale de la mesure

- **Temps de réponse à 5% $t_{r5\%}$**

Le temps de réponse à 5% est la différence entre l'instant où la mesure de la variable pilotée, à laquelle on retranche sa valeur pré-échelon, reste dans une plage $\pm 5\%$ de sa référence à laquelle on retranche également sa valeur pré-échelon et l'instant de l'échelon.

- **Temps de montée t_m**

Le temps de montée est la différence entre l'instant où la mesure de la variable pilotée atteint 90% de sa valeur finale et l'instant de l'échelon.

2.4.2. REPONSE A UNE RAMPE

Les performances dynamiques de la réponse à une rampe de la référence de la variable pilotée sont définies dans la présente section.

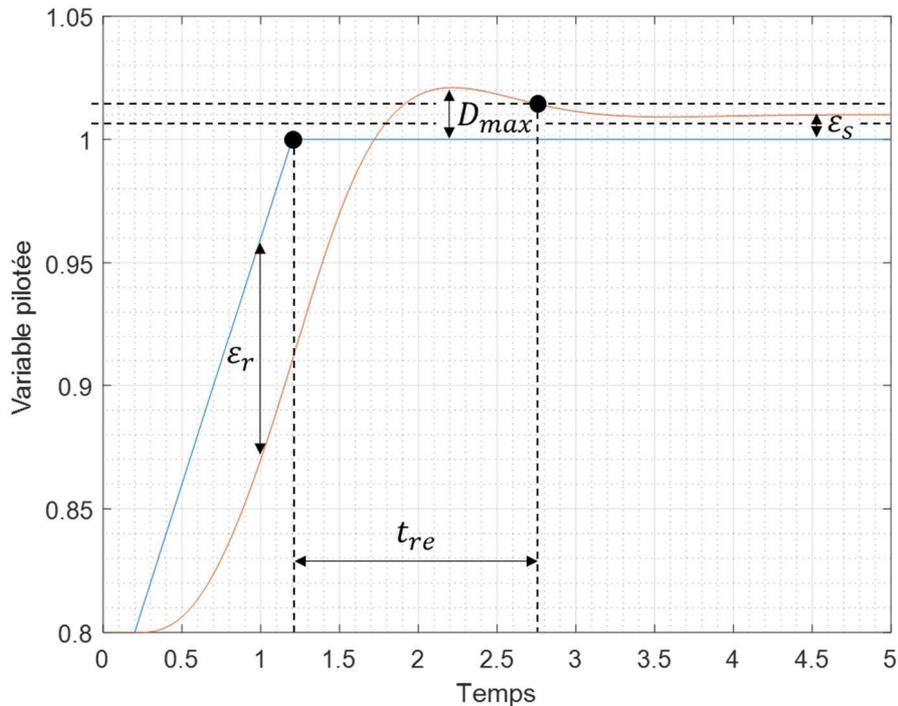


Figure-3 Définition des performances dynamiques de la réponse à un échelon

Les définitions de l'erreur statique ε_s et du dépassement maximal D_{max} sont équivalentes aux définitions de la section 2.4.1.

- **Erreur de trainage ε_r**

L'erreur de trainage est l'écart la référence et la mesure de la variable pilotée lorsque ces deux dernières évoluent avec la même pente pendant la phase de rampe. Elle peut être exprimée dans l'unité de la variable pilotée ou en pourcentage de l'écart entre la valeur de la référence pendant la rampe et la valeur initiale de la référence.

- **Temps de retard à l'établissement t_{re}**

Le temps de retard à l'établissement est l'écart entre l'instant où la mesure de la variable pilotée, à laquelle on retranche sa valeur pré-rampe, reste dans une plage $\pm 1\%$ de sa référence à laquelle on retranche également sa valeur pré-rampe et l'instant de début de rampe.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		10/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

3. CADRE NORMATIF

Req-1. En l'absence d'exigence spécifique contenue dans le présent CCTP, ses annexes et documents associés, le SSEE devra respecter les normes et standards suivants ainsi que les amendements qui y sont associés :

- NF EN CEI 62933 : Systèmes de stockage de l'énergie électrique (SSEE) ;
- NF EN 50549-2 : Exigences relatives aux centrales électriques destinées à être raccordées en parallèle à des réseaux de distribution ;
- NFC 13200 : Installations électriques à haute tension pour les sites de production d'énergie électrique, les sites industriels, tertiaires et agricoles ;
- NFC 13100 : Postes de livraison alimentés par un réseau public de distribution HTA (jusqu'à 33 kV) ;
- CEI 60870-5-104 : Matériels et systèmes de téléconduite :Partie 5-104 : Protocoles de transmission ;
- CEI 61000 (série) : Compatibilité électromagnétique (CEM) ;
- CEI 60255 : Relais de mesure et dispositifs de protection
- CEI 61000-3-6 : Electronic Compatibility part 3.6 : limits-assessment of emission limit for the connection of distorting installations to medium voltage, high voltage and extra high voltage power systems

4. RACCORDEMENT

Req-2. Le SSEE devra se raccorder sur le RPTE 33kV au moyen de deux postes de livraison conformes à la NFC13100.

Req-3. Les départ du poste de livraison vers le RPTE devront pouvoir recevoir un câble triphasé de section 400mm² ou 630mm²

5. EXIGENCES GÉNÉRALES DU SSEE

5.1. DIMENSIONNEMENT EN PUISSANCE ACTIVE ET EN ENERGIE

Req-4. Le SSEE devra avoir la capacité d'injecter de façon continue, une puissance active minimale de 0 MW et une puissance active maximale P_{maxinj} supérieure ou égale à 50 MW dans la limite de son stock d'énergie.

Req-5. Le SSEE devra avoir la capacité d'absorber de façon continue, une puissance active minimale de 0 MW et une puissance active maximale P_{maxabs} supérieure ou égale à 50 MW dans la limite de son stock d'énergie.

Req-6. Le SSEE devra avoir la capacité de décharger une énergie maximale E_{maxinj} supérieure ou égale à 150 MWh à une puissance active maximale P_{maxinj} de 50 MW à partir de la valeur du SoC $SoC_{derating abs}$.

Req-7. Le SSEE devra avoir la capacité de se charger d'une énergie maximale E_{maxabs} supérieure ou égale à 150 MWh à une puissance active maximale P_{maxabs} de 50 MW à partir de la valeur du SoC $SoC_{derating inj}$.

Req-8. Le SSEE devra mettre à disposition du Client ses plages de SoC de derating, $[SoC_{minutilisable} ; SoC_{derating inj}]$ et $[SoC_{derating abs} ; SoC_{maxutilisable}]$.

Req-9. Le soumissionnaire devra fournir dans son offre une option satisfaisant les Req-4 à Req-8 avec une puissance active maximale P_{maxinj} et P_{maxabs} de 75 MW

Req-10. Le SSEE devra être dimensionné pour un nombre de cycle de service de 365 cycles /an.

Note-1. **Le profil de sollicitation du SSEE fourni en annexe 1 est indicatif et n'engage pas le Client.**

Req-11. Le RTE maximal du SSEE devra être supérieur ou égal à 80 %.

5.2. DIMENSIONNEMENT EN PUISSANCE REACTIVE

Req-12. Le soumissionnaire devra fournir dans son offre les deux options correspondant au respect des deux diagrammes PQ ci-dessous :

- Diagramme PQ n°1 : facteur de puissance (FP) nominal égal à 1.
- Diagramme PQ n°2 avec un facteur de puissance (FP) nominal inférieur ou égal à 0,8.

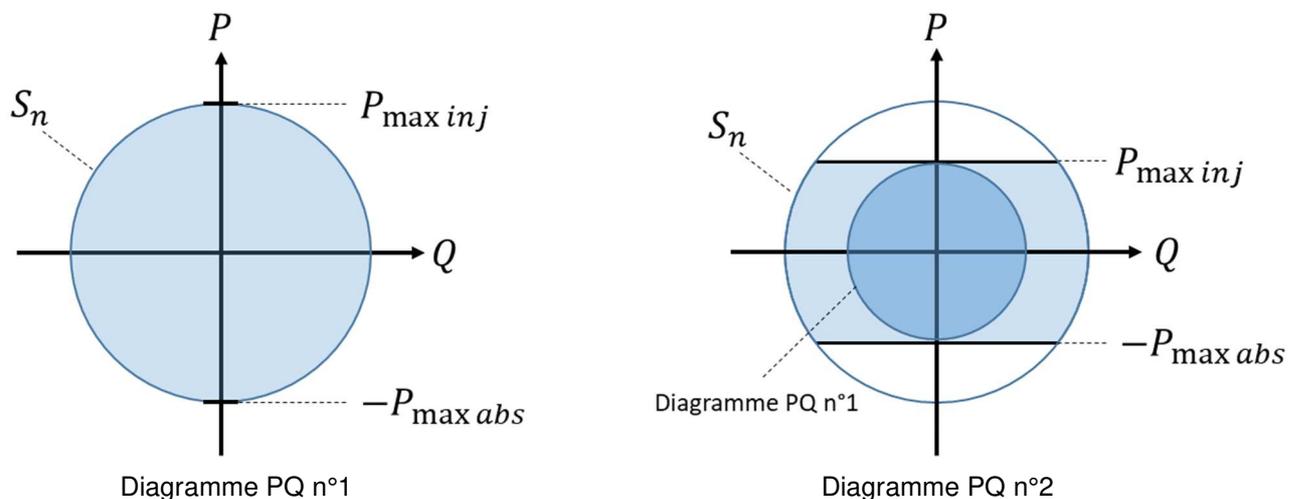


Figure-4 Diagrammes PQ du SSEE

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		12/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

Req-13. Le SSEE devra avoir la capacité de fonctionner en tout point de son diagramme PQ, y compris en limitation de celui-ci, sans limitation de durée.

5.3. DIMENSIONNEMENT EN COURANT DE DEFAUT

Req-14. Le soumissionnaire devra fournir dans son offre les deux options correspondant au respect des deux dimensionnements en injection et absorption de courant de défaut lors d'un creux de tension :

- Un courant de phase maximal I_{max} supérieur ou égal à $1,2 I_n$ pour chacune des phases en défaut pendant une durée supérieure ou égale à 1 s
- Un courant de phase maximal I_{max} supérieur ou égal à $3 I_n$ pour chacune des phases en défaut pendant une durée supérieure ou égale à 1 s

5.4. ARCHITECTURE DU SSEE EN SOUS-SYSTEMES

Req-15. Le SSEE doit être constitué d'au moins deux sous-systèmes avec des dimensionnements en puissance active, énergie, puissance réactive et courant de défaut identiques.

Req-16. Les sous-systèmes du SSEE ne doivent pas être avoir de mode de défaillance commun, de quelque nature que ce soit.

Req-17. En cas de défaillance d'un sous-système du SSEE, les sous-systèmes restants doivent être conformes au présent CCTP dans la limite de leur dimensionnement en puissance active, énergie, puissance réactive et courant de défaut.

5.5. MODE DE PILOTAGE

Req-18. Le SSEE doit pouvoir fonctionner selon deux modes de pilotage de ses onduleurs de tension :

- Grid following
- Grid forming

Req-19. En mode grid following, le SSEE devra se comporter comme une source de courant.

Req-20. En mode grid forming, le SSEE devra se comporter, dans la limite de son diagramme PQ, comme une source de tension.

6. PILOTAGE DU SSEE

6.1. PROGRAMME DE MARCHE

Req-21. En mode automatique, le SSEE devra pouvoir recevoir un programme de marche transmis par le Client sur une période glissante de 24 H avec un pas de programmation compris dans la plage [5 mn ; 60 mn], comprenant les signaux suivants :

Signal	Description	Résolution/Format
Heure	Heure pour laquelle chaque valeur des signaux doit être appliquée par le SSEE	HH:mm
Marche / Arrêt	Marche : mise sous tension puis couplage au réseau Arrêt : découplage du réseau puis mise hors tension	/
Mode de pilotage	Grid following ou grid forming	/
P_{cons}	Consigne de puissance active en mode automatique	$\leq 0,1 MW$

Tableau-1 Programme de marche

6.2. CONSIGNES TEMPS REEL

Req-22. En mode automatique, le SSEE devra pouvoir recevoir les commandes suivantes, transmises par le Client avec un période d'échantillonnage compris dans la plage [1 s ; 10 s] et comprenant les signaux suivants :

Signal	Description	Résolution
Auto / Manu	Mode automatique ou manuel	/
P_{f2}	Consigne de puissance pour le réglage secondaire de fréquence	$\leq 0,1 MW$
Mode UQ	Mode réglage tension ou puissance réactive (cf. section 6.4)	/
U_{cons}	Consigne de tension	$\leq 0,001 pu$
Q_{cons}	Consigne de puissance réactive pour le service de réglage de tension	$\leq 0,1 Mvar$

Tableau-2 Consignes temps réel en mode automatique

Req-23. En mode manuel, le SSEE devra pouvoir recevoir les commandes suivantes, transmises par le Client avec un période d'échantillonnage compris dans la plage [1 s ; 10 s] et comprenant les signaux suivants :

Signal	Description	Résolution
Mode de pilotage	Grid following ou grid forming	/
Auto / Manu	Mode automatique ou manuel (cf. section 6.3.1)	/
P_{manu}	Consigne de puissance active en mode manuel	$\leq 1 MW$
Mode UQ	Mode réglage tension ou puissance réactive (cf. section 6.4)	/
U_{cons}	Consigne de tension	$\leq 0,001 pu$
Q_{cons}	Consigne de puissance réactive pour le service de réglage de tension	$\leq 0,1 Mvar$
Marche / Arrêt	Marche : mise sous tension puis couplage au réseau Arrêt : découplage du réseau puis mise hors tension	/
Couplage / Îlotage	Couplage : synchro-couplage au réseau à partir de l'état d'îlotage Îlotage : maintien sous tension après découplage du réseau	/
Black start	cf. 7.4	/

Tableau-3 Consignes temps réel en mode manuel

Req-24. En l'absence de nouvelle commande, le SSEE devra avoir la capacité d'appliquer la dernière commande reçue.

6.3. REGULATION DE LA PUISSANCE ACTIVE

6.3.1. CALCUL DE LA REFERENCE DE PUISSANCE ACTIVE

Req-25. Le calcul de la référence de puissance active du SSEE P_{ref} devra permettre le schéma de gestion ci-dessous :

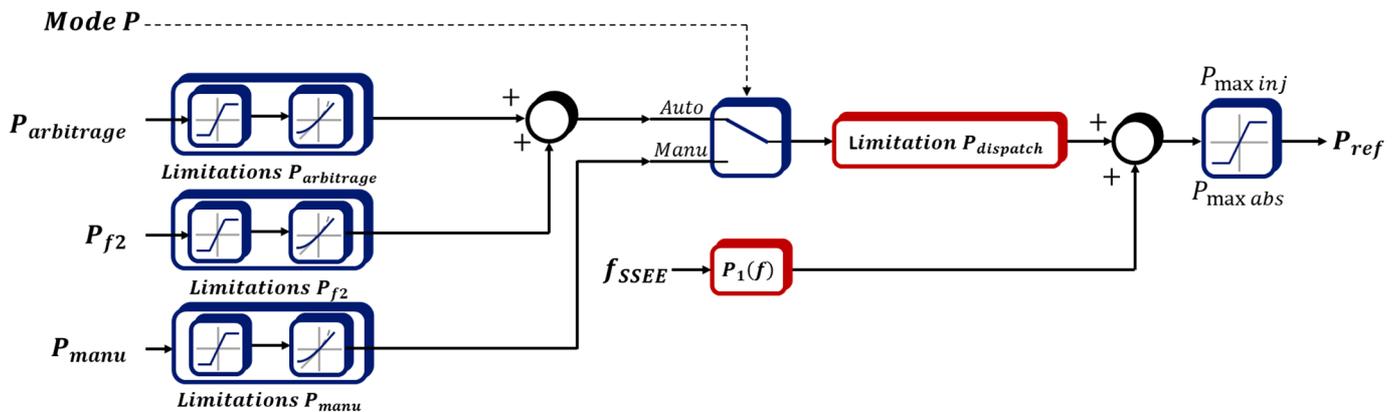


Figure-5 Schéma de gestion de la puissance active du SSEE

Avec :

- Mod \square P : la variable de sélection entre le pilotage automatique et le pilotage manuel de la puissance active
- P_{manu} : la consigne de puissance transmise par le Client en pilotage manuel
- $P_{arbitrage}$: la consigne de puissance transmise par le Client en pilotage automatique
- P_{f2} : la consigne de participation au réglage secondaire de fréquence transmise par le client en pilotage automatique
- f_{SSEE} : la fréquence électrique du SSEE

Req-26. La limitation $P_{dispatch\ max\ inj}$ devra pouvoir être paramétrée dans la plage $[0\ MW ; P_{max\ inj}]$ avec une résolution de 1 MW et devra pouvoir être modifiée à la demande du Client.

Req-27. La limitation $P_{dispatch\ max\ abs}$ devra pouvoir être paramétrée dans la plage $[0\ MW ; P_{max\ abs}]$ avec une résolution de 1 MW et devra pouvoir être modifiée à la demande du Client.

6.3.1.1. LIMITATIONS $P_{arbitrage}$

Req-28. La SSEE devra permettre le paramétrage des limitations suivantes sur demande du Client dans les plages et conditions ci-dessous :

- Limite d'injection : $[0\ MW ; P_{max\ inj}]$
- Limite d'absorption : $[0\ MW ; P_{max\ abs}]$
- Limite de vitesse de variation positive : $[(P_{max\ inj} + P_{max\ abs}) / 60\ mn ; [(P_{max\ inj} + P_{max\ abs}) / 1\ mn]$
- Limite de vitesse de variation négative : $-[(P_{max\ inj} + P_{max\ abs}) / 60\ mn ; -[(P_{max\ inj} + P_{max\ abs}) / 1\ mn]$

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		16/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

6.3.1.2. LIMITATIONS DE P_{f2}

Req-29. La SSEE devra permettre le paramétrage des limitations suivantes sur demande du Client dans les plages et conditions ci-dessous :

- Limite d'injection : $[0 \text{ MW} ; P_{\max inj}]$
- Limite d'absorption : $[0 \text{ MW} ; P_{\max abs}]$
- Limite de vitesse de variation positive : $[(P_{\max inj} + P_{\max abs}) / 10 \text{ mn} ; (P_{\max inj} + P_{\max abs}) / 1 \text{ mn}]$
- Limite de vitesse de variation négative : $[-(P_{\max inj} + P_{\max abs}) / 10 \text{ mn} ; -(P_{\max inj} + P_{\max abs}) / 1 \text{ mn}]$

6.3.1.3. LIMITATIONS DE P_{manu}

Req-30. La SSEE devra permettre le paramétrage des limitations suivantes sur demande du Client dans les plages et conditions ci-dessous :

- Limite d'injection : $[0 \text{ MW} ; P_{\max inj}]$
- Limite d'absorption : $[0 \text{ MW} ; P_{\max abs}]$
- Limite de vitesse de variation positive : $[(P_{\max inj} + P_{\max abs}) / 10 \text{ mn} ; (P_{\max inj} + P_{\max abs}) / 1 \text{ mn}]$
- Limite de vitesse de variation négative : $[-(P_{\max inj} + P_{\max abs}) / 10 \text{ mn} ; -(P_{\max inj} + P_{\max abs}) / 1 \text{ mn}]$

6.3.1.4. LIMITATIONS DE $P_{dispatch}$

Req-31. La SSEE devra permettre le paramétrage de réserves de SoC haute et basse :

- $SoC_{réserve abs}$: $[50 \% ; 100 \%]$
- $SoC_{réserve inj}$: $[0 \% ; 50 \%]$

Req-32. Le SSEE devra limiter $P_{dispatch}$ à 0 MW lorsque les conditions ci-dessous sont réunies

$$SoC \geq SoC_{réserve abs} \text{ et } P_{dispatch} < 0 \text{ MW}$$

OU

$$SoC \leq SoC_{réserve inj} \text{ et } P_{dispatch} > 0 \text{ MW}$$

6.3.1.5. PRECISION DE LA REGULATION DE PUISSANCE ACTIVE

Req-33. L'erreur statique ε_s entre P_{ref} et la mesure de puissance active du SSEE doit être inférieur au maximum entre 0,2 % de P_{ref} et 0,1 MW.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		17/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

6.4. REGULATION DE LA TENSION ET DE LA PUISSANCE REACTIVE

Req-34. Le SSEE doit disposer d'une variable Mode UQ permettant au Client de choisir parmi les modes de réglage de la tension et de la puissance réactive spécifiés dans la section 7.2.

6.4.1.1. LIMITATIONS DE U_{cons}

Req-35. La SSEE devra permettre le paramétrage de limitations de vitesse de variation positive et négative de U_{cons} sur demande du Client dans les plages et conditions ci-dessous :

- Limite de vitesse de variation positive : [0,1 pu / 60 s ; 0,1 pu / s]
- Limite de vitesse de variation négative : [-0,1 pu / 60 s ; -0,1 pu / 1 s]

6.4.1.2. LIMITATIONS DE Q_{cons}

Req-36. La SSEE devra permettre le paramétrage de limitations de vitesse de variation positive et négative de Q_{cons} sur demande du Client dans les plages et conditions ci-dessous :

- Limite de vitesse de variation positive : [$Q_{max inj}$ / 60 s ; $Q_{max inj}$ / 1 s]
- Limite de vitesse de variation négative : [$Q_{max abs}$ pu / 60 s ; $Q_{max abs}$ / 1 s]

6.4.1.3. PRECISION DE LA REGULATION DE TENSION ET DE PUISSANCE REACTIVE

Req-37. L'erreur statique ε_s doit être $\leq 0,2\% U_{ref}$ pour les régulations de tension ou $\leq \max(0,2\% Q_{ref} ; 0,1 Mvar)$ pour la régulation de la puissance réactive.

6.5. TELEINFORMATIONS

Req-38. Le SSEE devra remonter au SCADA Client les informations minimales suivantes pour le pilotage temps réel :

Information	Libellé	Précision	Unité	Type de signal	Rafraichissement
Données ¹	Tension au PDL et en sortie du système de conversion d'énergie	0,001 pu	kV	Mesure	≤ 1 seconde

¹ Mesures effectuées au PDL et en sortie du système de conversion d'énergie

	Courant	0,01 pu	A	Mesure
	Puissance active injectée/absorbée	0,1 pu	MW	Mesure
	Puissance réactive injectée/absorbée	0,1 pu	MVAr	Mesure
	Facteur de puissance	0,01 pu	-	Mesure
	Taux de distorsion harmonique en tension au PDL	0,01 pu	%	Mesure
	Fréquence électrique au PDL	0,001 pu	Hz	Mesure
	Taux de disponibilité instantané du SSEE	0,01 pu	%	Mesure
	SOC global des sous-système connectés	0,01 pu	%	Mesure
Statut de la connexion au RPTE	Connecté ;	-	-	Logique
	Déconnecté mais disponible pour la connexion ;	-	-	Logique
	Déconnecté et non disponible pour la connexion ;	-	-	Logique
Mode de pilotage	Grid Forming ;	-	-	Logique
	Grid Following	-	-	Logique
	Black Start	-	-	Logique
Paramètres des services systèmes assurés par le SSEE ;	Lois de régulation ;	0,001 pu	-	Paramètre
	Paramètres de limitation ² .	0,001 pu	-	Paramètre
	Valeurs de consigne interne en puissance active, puissance réactive et tension ;	0,01 pu	Unités de mesure	Paramètre
	Diagramme PQ en fonction du taux de disponibilité ;	0,01 pu	MVAr=f (MW)	Paramètre

² Le SSEE devra envoyer des alarmes en cas d'atteinte de ses limites ;

Temps de décharge complète	Temps de décharge à la puissance d'injection actuelle ;	0,01 pu	Seconde	Information
	Temps de décharge à la puissance d'injection maximale	0,01 pu	Seconde	Information
Temps de recharge complète	Temps de recharge à la puissance d'absorption actuelle ;	0,01 pu	Seconde	Information
	Temps de recharge disponible à la puissance d'absorption maximale ;	0,01 pu	Seconde	Information
Téléformations relatives au comptage et à la protection	Etat du disjoncteur de couplage (ouvert/fermé/défaillant) ;	-	-	Logique
	Etat des compteurs (opérationnel/défaillant)	-	-	Logique

Tableau-4 Informations minimales remontées par le SSEE pour le pilotage temps réel

Req-39. Le SSEE devra mettre à disposition du client les informations minimales suivantes, complémentaires aux informations utilisées pour le pilotage temps réel, pour le suivi du contrat :

Information	Libellé	Format	Unité	Type de signal	Rafraichissement
Energie	Energie déchargée depuis le début de l'année contractuelle	0,01 pu	MWh	Calcul	≤1 seconde
	Energie chargée depuis le début de l'année contractuelle	0,01 pu	MWh	Calcul	
Rendement	100 * (Energie déchargée depuis le début de l'année contractuelle / Energie chargée depuis le début de l'année contractuelle)	0,01 pu	%	Calcul	
Disponibilité	Disponibilité depuis le début de l'année contractuelle	0,01 pu	%	Calcul	

Tableau-5 Informations minimales remontées par le SSEE pour le suivi du contrat

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		20/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

Note-2. **Ces tableaux feront l'objet d'échanges spécifiques et pourront être modifiés afin de permettre le raccordement de l'installation au RPTE.**

Req-40. Le protocole de communication utilisé avec le SCADA du client devra être conforme à IEC 60870-5-104. Les modalités d'échange des informations contractuelles seront définies ultérieurement.

Req-41. Les automates de télécommunication du SSEE devront avoir la capacité de communiquer via fibre optique avec le SCADA Client.

Note-3. **La fibre optique sera provisionnée par le Client. Les chambre de tirage côté SSEE ainsi que les équipements de conversion et de switch seront à la charge du titulaire.**

Req-42. D'une manière générale le SSEE devra assurer une interopérabilité entre son installation et les automates de télécommunication mises en œuvre par l'exploitant du RPTE.

Req-43. Le SSEE devra être en mesure de mémoriser en interne un historique de 2 semaines des paramètres du Tableau-8 et du Tableau-5.

Req-44. L'accès aux données archivées devra être conforme aux exigences de la convention d'exploitation en termes de cybersécurité.

Req-45. Le moyen de stockage de donnée devra être redondant. Les données doivent être stockées dans un serveur d'archivage dédié.

Note-4. **Il est recommandé de stocker ces archives de manière cyclique dans plusieurs fichiers, afin de s'assurer qu'un fichier d'archive ne grossisse pas indéfiniment et que les calculs sur les archives résultantes restent réalisables**

7. SERVICES SYSTEME

Note-5. **Sauf mention contraire, les exigences de ce chapitre concernent le SSEE en mode grid following et grid forming.**

7.1. REGLAGE PRIMAIRE DE FREQUENCE

7.1.1. CONDITIONS DE REALISATION DU SERVICE

7.1.1.1. EXIGENCES SPECIFIQUES AU MODE GRID FOLLOWING

Req-46. La caractéristique du réglage primaire de fréquence du SSEE liant la fréquence et P_{f1} devra être la suivante :

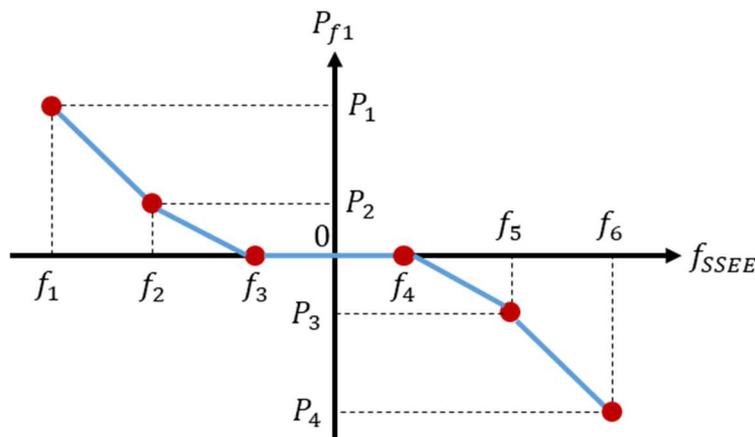


Figure-6 Caractéristique du réglage primaire de fréquence en mode grid following

Avec :

- P_{f1} : la puissance active pour le réglage primaire de fréquence
- f_{SSEE} : la fréquence électrique du SSEE
- $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, P_1, P_2, P_3, P_4$: les points de la caractéristique $P(f)$ du SSEE

Req-47. Le SSEE devra disposer d'une caractéristique $P_{f1}(f_{SSEE})$ spécifique pour le mode grid following

Req-48. Les paramètres de la caractéristique $P_{f1}(f_{SSEE})$ devront pouvoir être modifié pour le mode grid following sur demande du Client

Req-49. Le SSEE devra être capable d'appliquer un filtre passe-bas de constante de temps paramétrable entre 0 s (filtre désactivé) et 10 s sur P_{f1} .

Req-50. Le SSEE devra instantanément désactiver le filtre passe-bas sur P_{f1} lorsque la fréquence f_{SSEE} est inférieure à f_2 ou supérieure à f_5 .

7.1.1.2. EXIGENCES SPECIFIQUES AU MODE GRID FORMING

Req-51. La caractéristique du réglage primaire de fréquence du SSEE liant la fréquence et P_{f1} devra être la suivante :

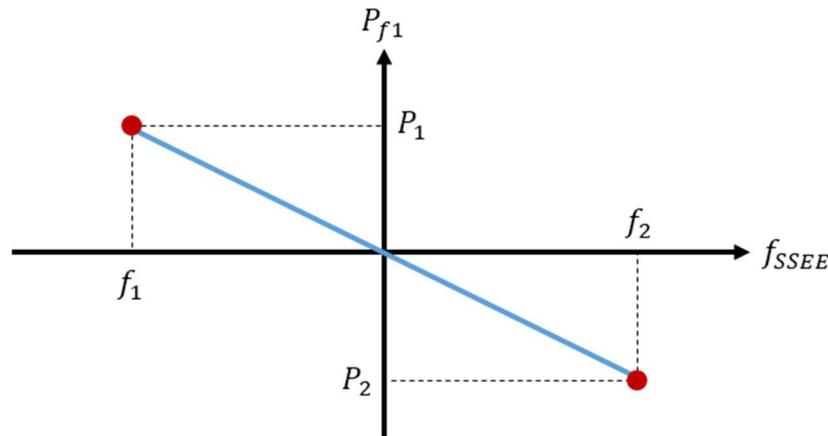


Figure-7 Caractéristique du réglage primaire de fréquence en mode grid forming

Avec :

- P_{f1} : la puissance active pour le réglage primaire de fréquence
- f_{SSEE} : la fréquence électrique du SSEE
- f_1, f_2, P_1, P_2 : les points de la caractéristique $P(f)$ du SSEE

Req-52. Les paramètres de la caractéristique $P_{f1}(f_{SSEE})$ devront pouvoir être modifié pour le mode grid forming sur demande du Client

7.1.2. PERFORMANCES DYNAMIQUES

Req-53. La réponse dynamique de la puissance active du SSEE à une variation sous forme d'échelon positif ou négatif de la fréquence de la tension du RPTE, tant que le SSEE fonctionne dans la limite de son diagramme PQ, devra pouvoir être paramétrée et modifiée sur demande du Client sur les pages suivantes :

- Dépassement maximal D_{max} : [0% ; 10%].
- Temps de montée t_m : [$\leq 0,2$ s ; 1 s].
- Temps de réponse à 5% $t_{r5\%}$: [$\leq 0,3$ s ; 1 s].

Req-54. D_{max} , t_m et $t_{r5\%}$ devront pouvoir être paramétré avec des performances différentes en mode grid following et grid forming.

7.2. REGLAGE DE TENSION ET DE LA PUISSANCE REACTIVE

Req-55. Le SSEE devra avoir la capacité de participer au réglage de la tension suivant deux modes de réglage:

- Le réglage primaire de la tension ;
- Le réglage de la puissance réactive.

Req-56. Chaque mode de réglage devra pouvoir être paramétré pour être réalisé côté basse tension (BT) ou au PDL :

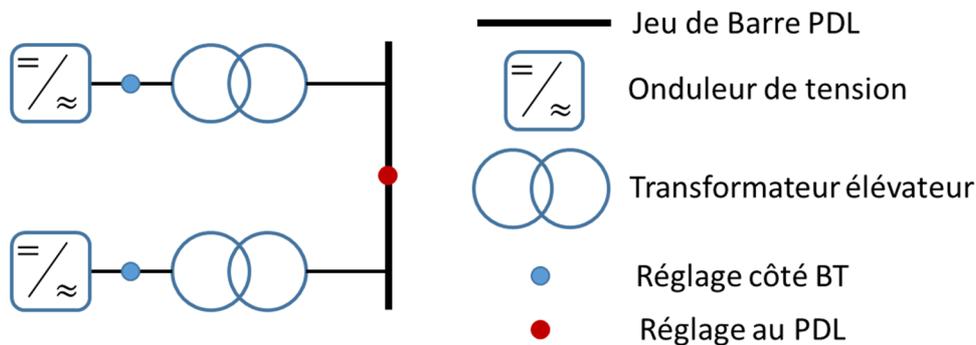


Figure-1 Synoptique illustrant les points de réglage de tension côté BT et au PDL

7.2.1. REGLAGE PRIMAIRE DE LA TENSION

Req-57. Le SSEE devra disposer d'un réglage de tension avec une référence U_{ref} calculée de la façon suivante:

$$U_{ref} = U_{cons} + \Delta U_{ref}$$

Avec :

- U_{cons} : la consigne de tension du SSEE transmise par le Client
- ΔU_{ref} : le complément de référence de tension

Req-58. Le SSEE calculera le complément de référence de tension ΔU_{ref} suivant la loi de réglage ci-dessous :

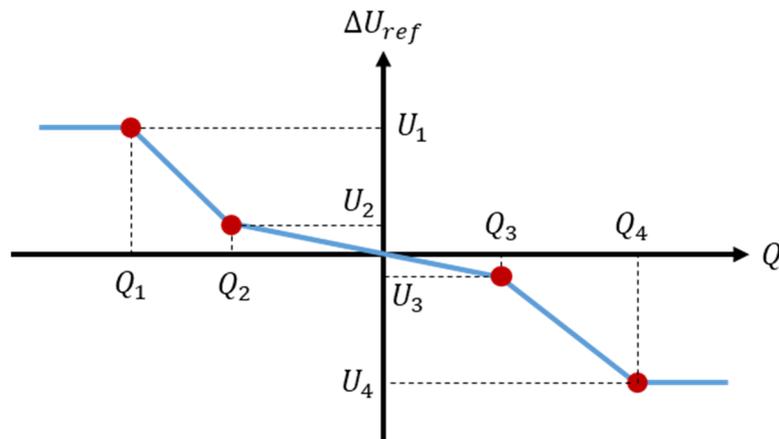


Figure-2 Caractéristique U(Q) du SSEE pour le réglage primaire de tension

Avec :

- ΔU_{ref} : le complément de référence de tension du SSEE
- Q : la puissance réactive injectée par le SSEE
- $Q_1-U_1, Q_2-U_2, Q_3-U_3$ et Q_4-U_4 : les points de la caractéristiques U(Q) du SSEE

Req-59. Les paramètres de calcul du complément de référence de tension ΔU_{ref} devront pouvoir être modifiés sur demande du Client.

7.2.2. REGLAGE DE LA PUISSANCE REACTIVE

Req-60. Le SSEE devra disposer d'un réglage de la puissance réactive avec une référence Q_{ref} calculée de la façon suivante :

$$Q_{ref} = Q_{cons} + \Delta Q_{ref}$$

Avec :

- Q_{cons} : la consigne de puissance réactive du SSEE transmise par le Client
- ΔQ_{ref} : le complément de référence de puissance réactive

Req-61. Le SSEE calculera le complément de référence de tension ΔQ_{ref} suivant la loi de réglage ci-dessous :

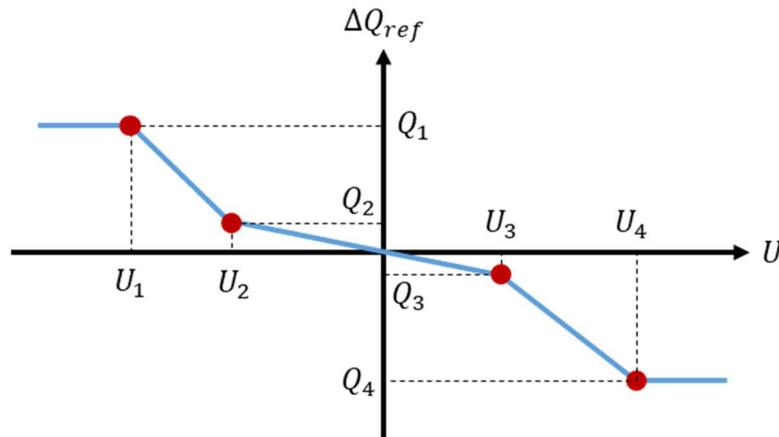


Figure-3 Caractéristique $Q(U)$ du SSEE pour le réglage de puissance réactive

Avec :

- ΔQ_{ref} : le complément de référence de puissance réactive du SSEE
- U : la tension du SSEE
- $Q_1-U_1, Q_2-U_2, Q_3-U_3$ et Q_4-U_4 : les points de la caractéristiques $Q(U)$ du SSEE

Req-62. Les paramètres de calcul du complément de référence de tension ΔQ_{ref} devront pouvoir être modifiés sur demande du Client.

7.2.3. PERFORMANCES DYNAMIQUES

Req-63. La réponse dynamique de la tension, ou de la puissance réactive selon le mode de réglage actif, du SSEE à une variation sous forme d'échelon positif ou négatif de la tension du RPTE, tant que le SSEE fonctionne hors limitation de son diagramme PQ, devra pouvoir être paramétrée et modifiée sur demande du Client sur les plages suivantes :

- Dépassement maximal D_{max} : [0% ; 10%].
- Temps de montée t_m : [$\leq 0,2$ s ; 10 s].
- Temps de réponse à 5% $t_{r5\%}$: [$\leq 0,3$ s ; 10 s].

Req-64. D_{max}, t_m et $t_{r5\%}$ devront pouvoir être paramétré avec des performances différentes en mode grid following et grid forming.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		26/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

7.3. INJECTION ET ABSORPTION DE COURANT DE DEFAULT

7.3.1. MODE GRID FOLLOWING

Req-65. Le SSEE devra respecter les exigences de la norme CENELEC « CLC/TS 50549-2 » suivantes :

- Section 4.7.4.1.1 Voltage support during faults and voltage steps ;
- Section 4.7.4.1.2 Zero current mode for converter connected generating technology ;

Req-66. Le paramétrage du Fault Ride Through du SSEE devra pouvoir être modifié à la demande du Client.

7.3.2. MODE GRID FORMING

7.3.2.1. CONDITIONS DE REALISATION DU SERVICE

Req-67. Le SSEE devra fournir ou absorber pour chaque phase le courant nécessaire pour maintenir sa tension AC à sa référence dans la limite de I_{max} .

7.4. BLACKSTART ET RENVOI DE TENSION

Req-68. En l'absence de tension au PDL, et pour un état initial du SSEE déconnecté du réseau, le SSEE devra être capable de réalimenter le RPTE à la demande du Client conformément aux exigences suivantes :

Req-69. A la réception de la consigne de blackstart, le SSEE devra appliquer la séquence suivante :

- Baisser sa tension au PDL à une valeur proche 0 pu ;
- Fermer l'organe de coupure au PDL le séparant du RPTE ;
- Initier une rampe de tension.

Req-70. La rampe de tension du SSEE devra permettre d'atteindre au PDL une tension de 0,9 pu avec une durée paramétrable par le Client entre 0 seconde (rampe désactivée) et 10 secondes avec une résolution de 0,1 seconde.

Req-71. Lorsque la tension de 0,9 pu est atteinte au PDL, le SSEE devra être en mesure de fonctionner pleinement conformément aux critères de fonctionnement normal de la convention de raccordement.

Req-72. Le délai entre la réception de la consigne de blackstart et la fin de la séquence de blackstart ne devra pas être supérieur à 5 min quel que soit l'état initial du SSEE.

Req-73. Le Soumissionnaire devra démontrer la capacité du SSEE à réaliser un renvoi de tension suivant les deux scénarios ci-dessous :

Renvoi de tension réseau nord

La file de renvoi de tension sera constituée de :

- La liaison entre le PDL du SSEE et le poste source de Boulouparis ;
- D'un transformateur 33kV / 150kV 50MVA au poste source de Boulouparis ;
- De la ligne Boulouparis - Néaoua :

Longueur (m)	R_d (Ω)	X_d (Ω)	R_0 (Ω)	X_0 (Ω)	H_d (μS)	H_0 (μS)
109 834	16,76	47,4	37,78	138,54	147,51	97,56

- D'un transformateur 150 kV / 33 kV 20 MVA au poste de Néaoua.

U_{cc} ($\%U_n$)	Pertes joules (kW)	Courant à vide ($\%I_n$)	Pertes fer (kW)
10,48	47,3	0,372	13,1

Renvoi de tension réseau sud

La file de renvoi de tension sera constituée de :

- La liaison entre le PDL du SSEE et le poste source de Boulouparis ;
- D'un transformateur 33kV / 150kV 50MVA au poste source de Boulouparis ;
- De la ligne Boulouparis - Païta ;

Longueur (m)	R_d (Ω)	X_d (Ω)	R_0 (Ω)	X_0 (Ω)	H_d (μS)	H_0 (μS)
50 213	7,53	22,48	14,89	66,44	65,10	44,69

- De la ligne Païta - Ducos ;

Longueur (m)	R_d (Ω)	X_d (Ω)	R_0 (Ω)	X_0 (Ω)	H_d (μS)	H_0 (μS)
16 392	2,63	7,09	5,49	20,90	22,28	14,53

- D'un transformateur 150 kV / 33 kV 100 MVA au poste de Ducos.

U_{cc} ($\%U_n$)	Pertes joules (kW)	Courant à vide ($\%I_n$)	Pertes fer (kW)
10,56	205,5	0,0547	49,56

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		28/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

8. MANOEUVRES

8.1. COUPLAGE A UN RESEAU SOUS TENSION

Req-74. Le SSEE devra avoir la capacité de se synchro-coupler au RPTE via la fermeture d'un organe de coupure appartenant au SSEE au niveau du PDL.

8.2. ÎLOTAGE EN VUE D'UN RECOUPLAGE RAPIDE AU RESEAU SOUS TENSION

Req-75. A la réception de la consigne d'îlotage ou à la suite du déclenchement de sa protection de découplage, le SSEE devra se découpler du RPTE au PDL via l'ouverture d'un organe de coupure appartenant au SSEE.

Req-76. A l'issue du découplage, le SSEE devra rester sous tension, alimenter ses auxiliaires et être prêt à être recouplé sur le RPTE à la réception de la consigne de couplage. Cet état est appelé « îlotage ».

Req-77. Le SSEE devra avoir la capacité de se maintenir en état d'îlotage pendant une durée de 60 minutes minimum.

Req-78. A partir de l'état d'îlotage, le SSEE devra avoir la capacité de se synchro-coupler au RPTE dans un délai inférieur ou égal à 1 min après l'envoi de la consigne de couplage.

8.3. MARCHE / ARRET

Req-79. A réception de la consigne d'arrêt, le SSEE devra se découpler du RPTE au PDL via l'ouverture d'un organe de coupure appartenant au SSEE dans un délai inférieur ou égal à 1 min après l'envoi de la consigne d'arrêt.

Req-80. A l'issue du découplage, le SSEE ne devra pas rester sous tension.

Req-81. A réception de la consigne de marche, le SSEE devra alimenter ses auxiliaires et lancer la séquence de couplage au RPTE

Req-82. A partir de l'état « arrêt », le SSEE devra avoir la capacité de se synchro-coupler au RPTE dans un délai inférieur ou égal à 10 min après l'envoi de la consigne de marche.

8.4. ENERGISATION DU SSEE PAR LE RESEAU SUR CRITERE DE SOC BAS.

Req-83. Les transformateurs du SSEE devront pouvoir être connectés puis alimentés par le RPTE sans aucun dispositif de synchronisation sur l'organe de coupure AC (conf Req-75).

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		29/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

9. TENUE AUX VARIATIONS NORMALES ET EXEPTIONNELLES DE LA TENSION ET DE LA FREQUENCE D'EXPLOITATION

9.1.1. VARIATIONS NORMALES ET EXEPTIONNELLES DE LA TENSION D'EXPLOITATION

Req-84. Le SSEE devra avoir la capacité de rester couplé au réseau et de fonctionner conformément à son mode de réglage de la tension / puissance réactive et de puissance active dans la limite de son diagramme PQ dans les conditions suivantes de tension :

Plage de tension	Condition d'opération
[0,8 pu – 0,87 pu]	≥ 5 minutes
[0,87 pu – 1,14 pu]	Illimité
[1,14 pu – 1,174 pu]	≥ 5 minutes

Tableau-6 Tenue aux variations de tension

9.1.2. VARIATIONS NORMALES ET EXEPTIONNELLES DE LA FREQUENCE D'EXPLOITATION

Req-85. Le SSEE devra avoir la capacité de rester couplé au réseau et de fonctionner conformément à son mode de réglage de la tension / puissance réactive et de puissance active dans la limite de son diagramme PQ dans les conditions suivantes de fréquence :

Plage de fréquence	Condition d'opération
< 46 Hz	≥ 5 secondes
[46 Hz ; 47 Hz]	≥ 60 secondes
[47 Hz ; 48 Hz]	≥ 3 minutes
[48 Hz ; 52 Hz]	Illimité
[52 Hz ; 53 Hz]	≥ 3 minutes

[53 Hz ; 54 Hz]	≥ 60 secondes
> 54 Hz	≥ 5 secondes

Tableau-7 Tenue aux variations de fréquence

9.2. TENUE AUX PERTURBATIONS

9.2.1. TENUE AU ROCOF – (RATE OF CHANGE OF FREQUENCY)

Req-86. Le SSEE devra rester couplé au réseau et avoir la capacité de fonctionner à ses capacités maximales de puissance active et réactive sans limite de durée pour toute valeur de ROCOF.

9.2.2. TENUE AUX CREUX DE TENSIONS

Req-87. Le SSEE devra rester couplé au réseau et avoir la capacité de fonctionner conformément aux exigences du chapitre 7.3 tant que la composante directe de la tension au PDL reste supérieure à celle définie dans la courbe tension-temps ci-dessous.

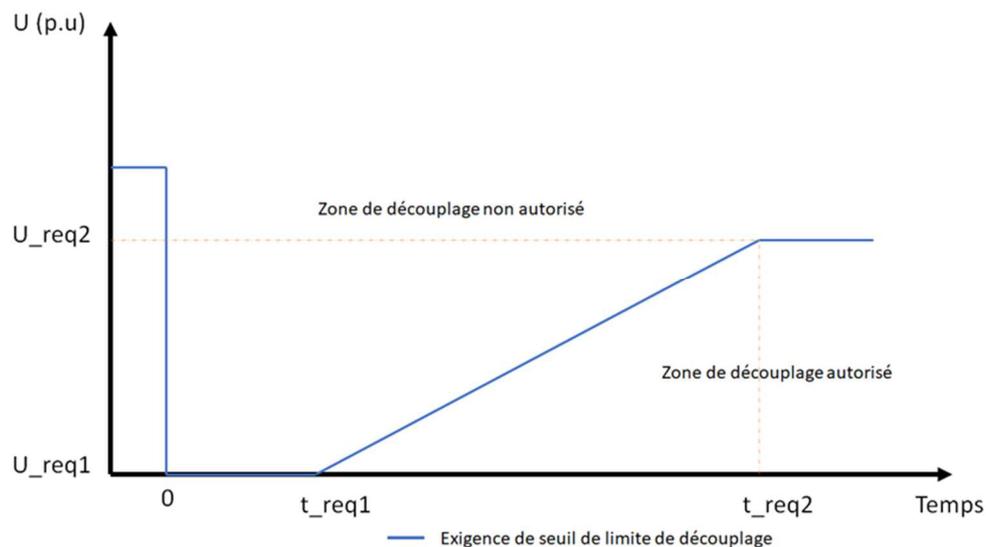


Figure-4 Capacité de tenue aux creux de tension-Courbe temps/tension

Les valeurs caractéristiques de la courbe sont données ci-dessous :

Seuil de tension / Délai temporel	Valeur
U_req1	0 pu
U_req2	0,8 pu
T_req1	1 seconde
T_req2	3 secondes

Tableau-8 Valeurs caractéristiques de la courbe temps/tension de tenue aux creux de tension

Req-88. Une fois que la composante directe de la tension au PDL aura réintégré la plage de tension d'exploitation, le SSEE devra avoir la capacité de revenir à sa référence de puissance active dans un délai maximal de 150ms.

9.2.3. TENUE AUX PICS DE TENSIONS

Req-89. Le SSEE devra rester couplé au réseau et avoir la capacité de fonctionner tant que la tension phase – phase la plus élevée au PDL n'excède pas la courbe tension-temps ci-dessous.

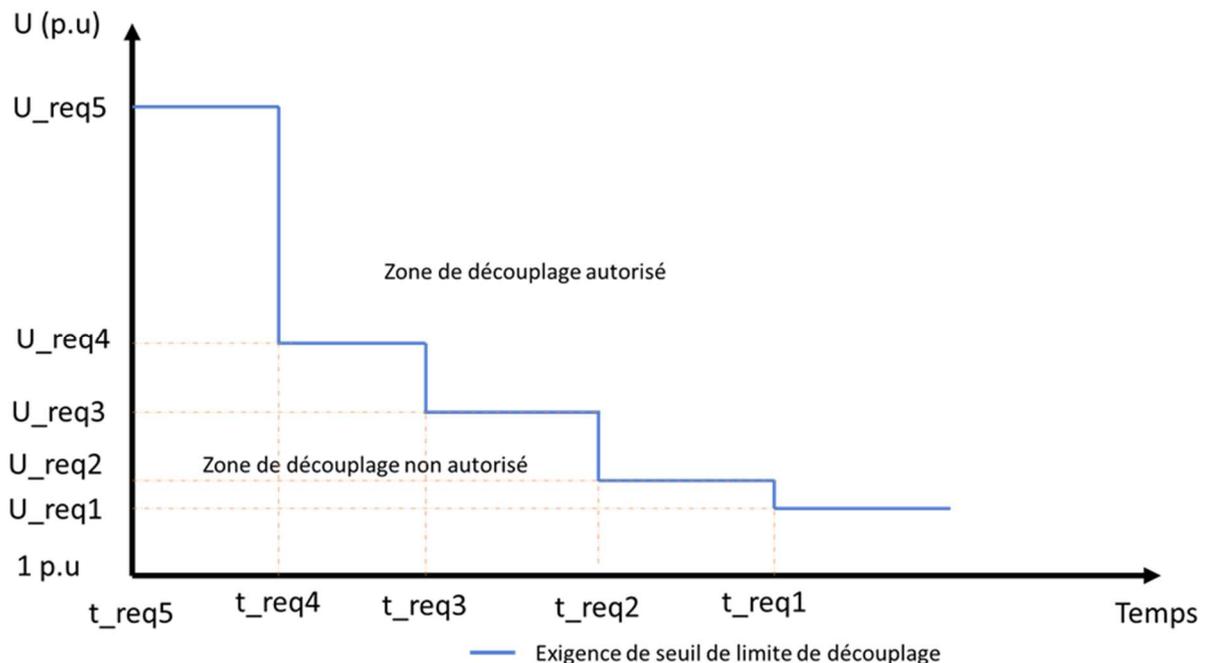


Figure-5 Capacité de tenue aux pics de tension-Courbe temps/tension

Les valeurs caractéristiques de la courbe sont données ci-dessous :

Seuil de tension / Délai temporel	Valeur
Ureq1	1.05 pu

Ureq2	1.1 pu
Ureq3	1.25 pu
Ureq4	1.36 pu
Ureq5	1.8 pu
T_req1	3600 secondes
T_req2	30 secondes
T_req3	0.3secondes
T_req4	0.04 secondes
T_req5	0.001 secondes

Tableau-9 Valeurs caractéristiques de la courbe temps/tension de la capacité à la tenue des pics de tension

9.3. QUALITE DE LA TENSION

Req-90. Le SSEE devra respecter les exigences de la Table 2 de la CEI 61000-3-6 en termes d'émission harmonique.

10. EXIGENCES SPECIFIQUES AU MODE GRID FORMING

Req-91. Lorsque le SSEE atteint sa limite d'injection de puissance active, il devra :

- Rester synchrone avec le RPTE à tout instant (algorithme de partage de la puissance active activé) ;
- Baisser sa fréquence électrique à une valeur inférieure ou égale à 47,5 Hz en moins de 200 ms et la maintenir inférieure ou égale à cette valeur jusqu'à la sortie de la limite d'injection de puissance active du SSEE ou à l'activation de sa protection de découplage ;
- Maintenir la tension à son PDL à une valeur supérieure ou égale à 0,9 pu.

Req-92. Lorsque le SSEE atteint sa limite d'absorption de puissance active, il devra :

- Rester synchrone avec le RPTE à tout instant (algorithme de partage de la puissance active activé) ;
- Augmenter sa fréquence électrique à une valeur supérieur ou égale à 52,5 Hz en moins de 200 ms et la maintenir supérieure ou égale à cette valeur jusqu'à la sortie de la limite d'absorption de puissance active du SSEE ou à l'activation de sa protection de découplage ;
- Maintenir la tension à son PDL à une valeur supérieure ou égale à 0,9 pu.

Req-93. Les seuils de fréquence, tension et les temps de réponse présents dans cette section devront pouvoir être modifiés à la demande du Client.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		33/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

11. MODELISATION NUMERIQUE

11.1. MODELES POWERFACTORY

Req-94. Le Titulaire devra fournir deux modèles du SSEE compatibles et validés avec PowerFactory 2020 SP2A :

- Un modèle représentatif du SSEE pour les modes de simulation dynamique RMS équilibré et RMS déséquilibré ;
- Un modèle représentatif du SSEE pour le mode de simulation dynamique instantané (EMT) ;
- La partie contrôle-commande sous forme DSL de ces modèles peut être cryptée ;

Req-95. Chaque modèle devra être représentatif du SSEE :

- Hors limitation ;
- En limitation, incluant mais non-limitées aux limitations de courant AC et de puissance active, que cette dernière soit réalisée côté AC ou DC ;

Req-96. Chaque modèle devra être compatible avec les modes de simulation suivants :

- Load flow / Quasi-dynamique / Contingence ;
- Calcul de courant de court-circuit (méthode complète) ;
- Qualité de l'énergie (harmoniques et flicker) ;

Req-97. Chaque modèle devra permettre de simuler les phases de mise sous tension, couplage au réseau, découplage du réseau, mise hors tension.

Req-98. Chaque modèle devra être initialisé de façon à éviter tout transitoire préalable à l'application d'évènements de simulation.

Req-99. Chaque modèle devra être fourni avec le set de paramètres du solveur de PowerFactory pour les simulations dynamiques permettant d'obtenir le meilleur compromis entre la précision des résultats et la durée des simulations.

Req-100. Le titulaire devra indiquer pour chaque modèle son domaine de validité, c'est-à-dire les plages de fonctionnement des grandeurs physiques ainsi que les types d'évènement pour lesquels chaque modèle est invalide.

Req-101. Chaque paramètre de chaque modèle ayant une influence sur les performances du SSEE spécifiées dans ce CCTP devront être modifiable par le Client.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		34/34
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice : A

11.2. MANUEL UTILISATEUR

Req-102. Le titulaire devra fournir un manuel utilisateur contenant pour chaque modèle :

- Le synoptique de la partie puissance du SSEE, intégrant les filtres des onduleurs de tension ;
- Les synoptiques détaillés des fonctions de contrôle-commande onduleur et de pilotage du SSEE permettant d'analyser les résultats de simulation obtenus, incluant mais non-limités aux algorithmes ci-dessous :
 - Régulation de courant AC ;
 - Limitation de courant AC ;
 - Régulation de tension AC et/ou de puissance réactive ;
 - Limitation de la puissance réactive et/ou de la puissance apparente ;
 - Régulation de la puissance active et/ou de la fréquence électrique ;
 - Limitation de la puissance active ;
 - Algorithme de synchronisation au réseau ;
 - Régulation de la tension DC ;
 - Limitation de la tension DC ;
- La liste, l'emplacement, le fonctionnement et le paramétrage des protections, incluant mais non-limitée à la protection de découplage au PDL ;
- Les domaines de validité des modèles.

11.3. MISE A JOUR DES MODELES ET DU MANUEL UTILISATEUR

Req-103. Le titulaire devra, en cas d'écart significatif constaté par le Client entre le comportement des modèles et le comportement du SSEE lors des essais de mise en service, réaliser une mise en conformité des modèles et la mise à jour du manuel utilisateur.