

Titre : **BATTERIE DE BOULOUPARIS - CAHIER DE VERIFICATION DES
PERFORMANCES SYSTEME**
SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE
(SSEE)

Référence:

CIST	DSE	FBT	22	XXX	Indice	A
-------------	------------	------------	-----------	------------	--------	----------

Nbre de pages: 37

Nbre d'annexe : 2

Annexes :

06.07.2022 – Fiche de recueil des performances
06.07.2022 – Programme des essais fonctionnels de mise en service

Document associé :

07.07.2022 – CIST-DTP-ICE-21-0637-A1

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		2/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

SOMMAIRE

1.	Objectif du document	4
2.	Définitions.....	4
3.	Fiches de performances par simulation	5
3.1.	Modèles numériques du SSEE.....	5
3.2.	Logiciel de simulation	5
3.3.	Modèle du réseau client.....	5
4.	SSEE en mode grid following.....	6
4.1.	Pilotage du SSEE par le Client.....	6
4.1.1.	Fiche P1-FL : échelons de consigne de puissance active	6
4.1.2.	Fiche P2-FL : échelons de consigne de tension et de puissance réactive	8
4.1.3.	Fiche P3-FL : Séquence marche / arrêt.....	11
4.1.4.	Fiche P4-FL : Séquence couplage / îlotage.....	13
4.2.	Caractéristiques générales du SSEE	15
4.2.1.	Fiche CG1-FL : comportement dans la plage de derating du SoC et en limite de SOC utilisable	15
4.2.2.	Fiche CG2-FL : respect diagramme PQ.....	17
4.2.3.	Fiche CG3-FL : comportement en limitation du diagramme PQ.....	19
4.3.	Réglage primaire de fréquence	20
4.3.1.	Fiche F1-FL Caractéristique de réglage.....	20
4.3.1.	Fiche F2-FL échelon de fréquence réseau	22
4.3.1.	Fiche F3-FL REPORT DE CHARGE	24
4.4.	Réglage primaire de tension / puissance réactive.....	26
4.4.1.	Fiche U1-FL Caractéristique de réglage	26
4.4.1.	Fiche U2-FL échelon de tension réseau	29
4.5.	Comportement sur défaut.....	32
4.5.1.	Fiche D1-FL Court-circuits	32
5.	SSEE en mode grid forming.....	33
5.1.	Fiche F4-FM Fonctionnement en limite d'injection de puissance active	33
5.1.1.	Objectif	33
5.1.2.	Scénarios de simulation	33
5.1.3.	Résultats	34
5.1.4.	Critères de conformité	34
5.2.	Fiche F4-FM Fonctionnement en limite d'absorption de puissance active	34
5.2.1.	Objectif	34
5.2.2.	Scénarios de simulation	35
5.2.3.	Résultats	35
5.2.4.	Critères de conformité.....	36
6.	Black start et renvoi de tension	37



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

Pages

3/37

Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637

Indice

A

6.1.	Fiche P5 : Black start et renvoi de tension	37
6.1.1.	Objectif	37
6.1.2.	Scénarios de simulation	37
6.1.3.	Résultats	37
6.1.4.	Critères de conformité	37

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		4/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

1. OBJECTIF DU DOCUMENT

Ce document et ses annexes constituent le cahier de vérification des performances système (CVPS) 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.

Le CVPS a pour objectif de vérifier l'adéquation entre la solution proposée par le Soumissionnaire et le CCTP.

2. DEFINITIONS

Les définitions applicables dans ce document sont celles du CCTP 05.07.2022 – CIST-DTP-ICE-21-0637-A1.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		5/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637	Indice	A

3. FICHES DE PERFORMANCES PAR SIMULATION

3.1. MODELES NUMERIQUES DU SSEE

Les simulations devront être réalisées avec les modèles du SSEE spécifiées dans le CCTP 05.07.2022 – CIST-DTP-ICE-21-0637-A1.

Sauf mention spécifique dans la fiche de performance, un premier set de paramètres du SSEE devra être utilisé pour l'ensemble des simulations en mode grid following et un second set pour l'ensemble des simulations en mode grid forming.

Les simulations ne doivent pas être réalisées en considérant les exigences Req-10. Elles doivent par ailleurs considérer un facteur de puissance nominal $\leq 0,8$ (Req-13) et une capacité d'injection d'Icc $\geq 3In$ (Req-15).

3.2. LOGICIEL DE SIMULATION

Les simulations devront être réalisées avec PowerFactory 2020 SP2A en mode RMS équilibré (balanced) à l'exception des fiches D1-FL et D1-FM qui doivent être réalisées à la fois en mode RMS déséquilibré (unbalanced) et en mode instantané (EMT) et la fiche P5 qui doit être réalisée en mode instantané (EMT).

3.3. MODÈLE DU RÉSEAU CLIENT

Sauf mention contraire dans la fiche de performance, le modèle du réseau Client utilisé pour les fiches de performances est le suivant :

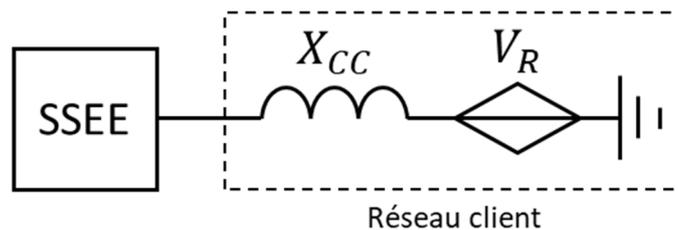


Figure 1 : modèle du réseau Client

Il est composé d'une source de tension triphasée pilotable V_R et d'une réactance série $X_{CC} = 45 \text{ Ohms}$.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		6/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4. SSEE EN MODE GRID FOLLOWING

4.1. PILOTAGE DU SSEE PAR LE CLIENT

4.1.1. FICHE P1-FL : ECHELONS DE CONSIGNE DE PUISSANCE ACTIVE

4.1.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le comportement du SSEE lors d'un changement de consigne de puissance active. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-23 à Req-28, Req-31.

4.1.1.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50\%$ pour chaque scénario.

Le mode de contrôle de la tension / puissance réactive doit être mode régulation de puissance réactive au PDL avec une consigne de puissance réactive $Q_{cons} = 0 \text{ Mvar}$.

Trois scénarios de variation de consigne de puissance active doivent être réalisés :

1. Le SSEE est en mode manuel ($Mode P = Manu$). La consigne P_{manu} suit le profil temporel décrit ci-dessous.
2. Le SSEE est en mode automatique ($Mode P = Auto$). La consigne $P_{f2} = 0$ et la consigne $P_{arbitrage}$ suit le profil temporel décrit ci-dessous.
3. Le SSEE est en mode automatique ($Mode P = Auto$). La consigne $P_{arbitrage} = 0$ et la consigne P_{f2} suit le profil temporel décrit ci-dessous.

Le profil temporel de la consigne de puissance à utiliser pour les trois scénarios est le suivant :

- Consigne initialement nulle pendant 10 secondes,
- Echelon de consigne à $P_{max inj}/2$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la puissance active,
- Echelon de consigne à $P_{max inj}$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la puissance active,
- Echelon de consigne à $P_{max abs}/2$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la puissance active,
- Echelon de consigne à $P_{max abs}$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la puissance active.

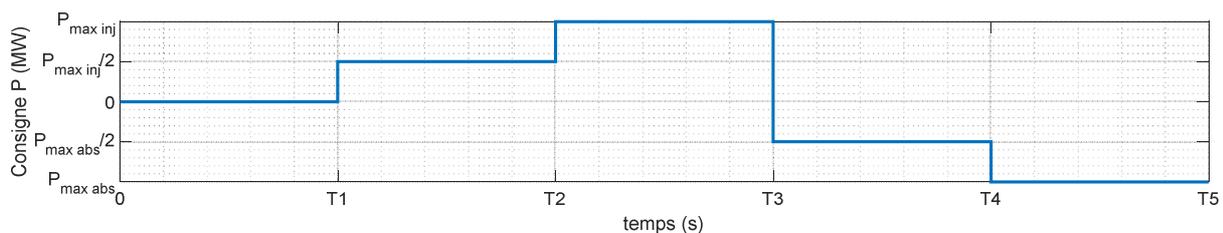


Figure 2 : profil temporel de consigne de puissance active pour la fiche P1-FL

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		7/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.1.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne $P_{arbitrage}$
- Consigne P_{f2}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance active du SSEE et les trois consignes (P_{manu} , $P_{arbitrage}$, P_{f2}) superposées
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL

4.1.1.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

CRIT.2 En régime stabilisé, hors rampe et hors limitation, la puissance active du SSE est égale à la consigne de puissance à d'erreur statique près (Req-31).

CRIT.3 La réponse en puissance est conforme aux paramètres des rampes et des limitations hautes/basses utilisés pour la simulation (Req-24 à Req-28).

CRIT.4 Durant toute la simulation, la puissance réactive du SSEE est nulle, à l'erreur statique près (Req-35).

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		8/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.1.2. FICHE P2-FL : ECHELONS DE CONSIGNE DE TENSION ET DE PUISSANCE REACTIVE

4.1.2.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le comportement du SSEE lors d'un changement de consigne de tension ou de puissance réactive. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-32 à Req-35, Req-53 à Req-60.

4.1.2.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50\%$ pour chaque scénario. Le SSEE est en mode manuel (*Mode P = Manu*) avec la consigne $P_{manu} = 0$ MW.

Deux scénarios de variation de consigne de tension doivent être réalisés :

1. Le SSEE est en mode réglage primaire de tension, le réglage étant réalisé côté basse tension (BT) :
 - Consigne de tension initialement à $1 pu$,
 - Echelon de consigne à $1,05 pu$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la tension,
 - Echelon de consigne à $0,95 pu$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la tension.
2. Le SSEE est en mode réglage primaire de tension, le réglage étant réalisé au PDL :
 - Consigne de tension initialement à $1 pu$,
 - Echelon de consigne à $1,05 pu$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la tension,
 - Echelon de consigne à $0,95 pu$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la tension.

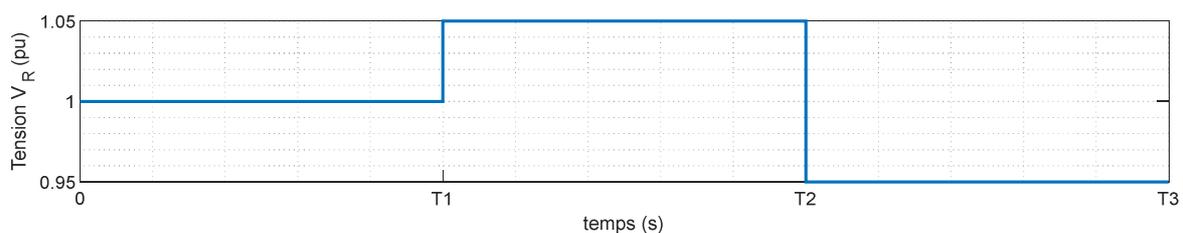


Figure 3 : profil temporel de tension réseau de la fiche P2-FL

Deux scénarios de variation de consigne de puissance réactive doivent être réalisés :

1. Le SSEE est en mode réglage de la puissance réactive, le réglage étant réalisé côté basse tension (BT) :
 - Consigne initialement nulle pendant 10 secondes,
 - Echelon de consigne à $Q_{maxinj} / 2$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la puissance réactive,
 - Echelon de consigne à Q_{maxinj} maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la puissance réactive,
 - Echelon de consigne à $Q_{maxabs} / 2$ maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la puissance réactive,
 - Echelon de consigne à Q_{maxabs} maintenue pendant 10 secondes après stabilisation de la puissance réactive.

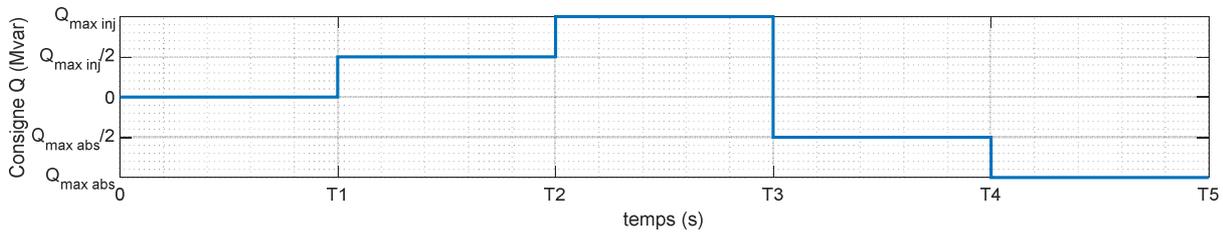


Figure 4 : profil temporel de consigne de puissance réactive pour la fiche P2-FL

4.1.2.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne de tension (avant rampes et limitations)
- Consigne de tension U_{cons} (i.e. après application des rampes et limitations)
- Référence de tension U_{ref}
- Consigne de puissance réactive (avant rampes et limitations)
- Consigne de puissance réactive Q_{cons} (i.e. après application des rampes et limitations)
- Référence de puissance réactive Q_{ref}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Puissance réactive au PDL
- Tension au PDL
- Tension BT
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios de variation de consigne de tension, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Consigne de tension (avant rampes et limitations), consigne U_{cons} (après application des rampes et limitations), référence U_{ref} , et la mesure de tension (au PDL si le réglage est réalisé au PDL, ou coté BT si le réglage est réalisé côté BT), superposées
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE

Pour chacun des scénarios de variation de consigne de puissance réactive, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Consigne de puissance réactive (avant rampes et limitations), consigne Q_{cons} (après application des rampes et limitations), référence Q_{ref} , et la mesure de puissance réactive (au PDL si le réglage est réalisé au PDL, ou coté BT si le réglage est réalisé côté BT), superposées
- Puissance active du SSEE
- Tension au PDL

4.1.2.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

CRIT.2 La réponse en tension est conforme aux paramètres des rampes et des limitations hautes/basses utilisés pour la simulation (Req-33), ainsi que la loi de réglage primaire de tension (Req-55 et Req-56).

CRIT.3 La réponse en puissance réactive est conforme aux paramètres des rampes et des limitations hautes/basses utilisés pour la simulation (Req-34), ainsi que la loi de réglage de puissance réactive (Req-58 et Req-59).

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		10/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

CRIT.4 La réponse en tension et en puissance réactive est conforme au paramétrage de la réponse dynamique (Req-61) et l'erreur statique est inférieure au critère spécifié (Req-35).

CRIT.5 Durant toute la simulation, la puissance active du SSEE est nulle, à l'erreur statique près (Req-31).

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		11/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.1.3. FICHE P3-FL : SEQUENCE MARCHÉ / ARRÊT

4.1.3.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le comportement du SSEE lors des séquences marche / arrêt. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-72, Req-77 à Req-80.

4.1.3.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50 \%$ pour chaque scénario.

Un **premier scénario** doit être réalisé dans lequel la **séquence de mise sous tension puis couplage au réseau** est simulée, le SSEE étant initialement hors tension et déconnectée du réseau. Lorsque le SSEE se connecte au réseau, elle est en mode manuel ($Mode P = Manu$) avec une consigne de puissance nulle ($P_{manu} = 0$), et en mode réglage de la puissance réactive réalisé côté basse tension (BT) avec une consigne de puissance réactive nulle.

Un **deuxième scénario** doit être réalisé dans lequel la **séquence de découplage du réseau puis mise hors tension** est simulée, le SSEE étant initialement sous tension et connectée du réseau. Initialement, lorsque le SSEE est connectée au réseau, elle est en mode manuel ($Mode P = Manu$) avec une consigne de puissance $P_{manu} = P_{max inj}$, et en mode réglage de la puissance réactive réalisé côté basse tension (BT) avec une consigne de puissance réactive $Q_{cons} = Q_{max inj}$.

4.1.3.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne Marche / Arrêt
- Consigne P_{manu}
- Etat (ouvert / fermé) de l'organe de coupure appartenant au SSEE
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Consigne Marche / Arrêt et Etat (ouvert / fermé) de l'organe de coupure appartenant au SSEE, superposés
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT

4.1.3.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 A réception de la consigne d'arrêt, le SSEE se découple du RPTE au PDL via l'ouverture d'un organe de coupure appartenant au SSEE dans un délai conforme au critère spécifié (Req-77).

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		12/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

CRIT.2 A l'issue du découplage, le SSEE reste hors tension (Req-78).

CRIT.3 A réception de la consigne de marche, le SSEE alimente ses auxiliaires et lance la séquence de couplage au RPTE (Req-79).

CRIT.4 A partir de l'état « arrêt », le SSEE est couplé au RPTE dans un délai conforme au critère spécifié (Req-80).

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		13/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.1.4. FICHE P4-FL : SEQUENCE COUPLAGE / ILOTAGE

4.1.4.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le comportement du SSEE lors de la séquence d'ilotage à la réception de la consigne d'ilotage ou à la suite du déclenchement de sa protection de découplage, puis le recouplage au réseau. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-72 à Req-76.

4.1.4.2. SCENARIO DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

L'état de charge initial de la batterie est : $SoC = SoC_{min\ utilisable}$.

Initialement, le SSEE est connectée au réseau, en mode manuel ($Mode\ P = Manu$) avec une consigne de puissance $P_{manu} = P_{max\ inj}$, et en mode réglage de la puissance réactive réalisé côté basse tension (BT) avec une consigne de puissance réactive $Q_{cons} = Q_{max\ inj}$.

A $t = 10$ s, le déclenchement de la protection de découplage est simulé, ce qui entraîne l'ilotage du SSEE. Le SSEE est maintenu en état d'ilotage pendant une durée supérieure au pick-up time le plus long de l'ensemble des protections du SSEE. A l'issue de cette période, le SSEE reçoit la consigne de couplage. Le temps de fin de la simulation doit être supérieure au pick-up time le plus long de l'ensemble des protections du SSEE après le recouplage du SSEE au réseau.

4.1.4.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Etat de la protection de découplage
- Etat (ouvert / fermé) de l'organe de coupure appartenant au SSEE
- Consigne de recouplage au réseau
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Etat de la protection de découplage, Consigne de recouplage au réseau, et Etat (ouvert / fermé) de l'organe de coupure appartenant au SSEE, superposés
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		14/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.1.4.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 A la suite de l'activation de la protection de découplage, le SSEE se découple du RPTE au PDL via l'ouverture d'un organe de coupure appartenant au SSEE (Req-73).

CRIT.2 A l'issue du découplage, le SSEE reste sous tension et alimente ses auxiliaires, en mode « îlotage » (Req-74).

CRIT.3 Le SSEE maintient l'état d'îlotage pendant la durée spécifiée (Req-75).

CRIT.4 Après l'envoi de la consigne de recouplage, le SSEE se recouple au RPTE dans un délai conforme au critère spécifié (Req-76).

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		15/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.2. CARACTERISTIQUES GENERALES DU SSEE

4.2.1. FICHE CG1-FL : COMPORTEMENT DANS LA PLAGE DE DERATING DU SOC ET EN LIMITE DE SOC UTILISABLE

4.2.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le comportement du SSEE lorsque son SoC fonctionne dans les plages de derating lorsqu'il arrive en limitation de SoC. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-9.

4.2.1.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

L'état de charge initial de la batterie doit être correspondre au SOC permettant d'atteindre la zone de derating souhaitée ($SoC_{derating\ abs}$ ou $SoC_{derating\ inj}$) en 10 s après le début de la simulation.

Deux scénarios de puissance active doivent être réalisés :

- L'absorption du SSEE à $P_{max\ abs}$ jusqu'à atteinte du $SOC_{max\ utilisable}$. Le SSEE est en mode manuel ($Mode\ P = Manu$) et la consigne $P_{manu} = P_{max\ abs}$.
- L'injection du SSEE dans le réseau à $P_{max\ inj}$ jusqu'à atteinte du $SOC_{min\ utilisable}$. Le SSEE est en mode manuel ($Mode\ P = Manu$) et la consigne $P_{manu} = P_{max\ inj}$.

Pour chaque scénario de puissance active, deux scénarios de puissance réactive doivent être réalisés (pour un total de quatre scénarios) :

- L'injection du SSEE dans le réseau à $Q_{max\ inj}$. Le SSEE est en mode réglage de la puissance réactive ou en mode réglage de tension, avec une consigne telle que la puissance réactive soit égale à $Q_{max\ inj}$.
- L'absorption du SSEE dans le réseau à $Q_{max\ abs}$. Le SSEE est en mode réglage de la puissance réactive ou en mode réglage de tension, avec une consigne telle que la puissance réactive soit égale à $Q_{max\ inj}$.

4.2.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Référence de puissance réactive Q_{ref} (si le mode réglage de puissance réactive est choisi)
- Référence de tension U_{ref} (si le mode réglage de tension est choisi)
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		16/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.2.1.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau sans limitation de durée.

CRIT.2 La puissance active du SSEE doit, en valeur absolue, diminuer jusqu'à devenir nulle en atteignant $SOC_{max\ utilisable}$ ou $SOC_{min\ utilisable}$.

CRIT.3 La puissance réactive du SSEE ne doit pas être affectée par l'atteinte de $SOC_{max\ utilisable}$ et $SOC_{min\ utilisable}$.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		17/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.2.2. FICHE CG2-FL : RESPECT DIAGRAMME PQ

4.2.2.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le diagramme PQ du SSEE dans les conditions de tenue aux variations de tension et de fréquence spécifiées. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-13, Req-14, Req-82, Req-83.

4.2.2.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante (conditions initiales de chaque scénario) :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : selon scénario,
- Fréquence selon scénario.

Le paramétrage du SSEE doit être le suivant pour chaque scénario :

- SoC initial = 50%
- Mode P = Manu
- $P_{f1} = 0$ (*réglage primaire désactivé*)
- Mode de réglage tension / réactif : puissance réactive au PDL
- $\Delta Q_{ref} = 0$ (*loi $Q(U)$ désactivée*)

Les simulations seront réalisées en faisant varier simultanément la puissance active et la puissance réactive du SSEE afin de balayer intégralement son diagramme PQ pour différentes conditions de tension et de fréquence réseau.

La réactance du modèle de réseau Client Figure 1 peut être retirée pour cette simulation afin de fixer la tension du PDL du SSEE à la valeur demandée.

Les scénarios suivants doivent être simulés afin d'évaluer la sensibilité du diagramme PQ à la tension du réseau :

- Tension réseau : 0,8 pu ; 0,87 pu ; 1,14 pu ; 1,174 pu
- Fréquence réseau : 50 Hz

Les scénarios suivants doivent être simulés afin d'évaluer la sensibilité du diagramme PQ à la fréquence du réseau :

- Tension réseau : 1 pu
- Fréquence réseau : 46 Hz ; 48 Hz ; 50 Hz ; 52 Hz ; 54 Hz

4.2.2.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne Q_{cons}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension du réseau V_R
- Tension au PDL
- Tension BT
- Fréquence du réseau V_R
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour l'ensemble des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Diagramme PQ

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		18/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637	Indice	A

4.2.2.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau.

CRIT.2 Les diagrammes PQ respectent l'exigence Req-13.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		19/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.2.3. FICHE CG3-FL : COMPORTEMENT EN LIMITATION DU DIAGRAMME PQ

4.2.3.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le comportement du SSEE lorsqu'il atteint la limitation de son diagramme PQ. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-13.

4.2.3.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante (conditions initiales de chaque scénario) :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

Le paramétrage du SSEE doit être le suivant pour chaque scénario :

- SoC initial = 50%
- Mode P = Manu
- $P_{f1} = 0$ (réglage primaire désactivé)
- Mode de réglage tension / réactif : puissance réactive au PDL
- $\Delta Q_{ref} = 0$ (loi $Q(U)$ désactivée)

Les scénarios ci-dessous sont à simuler pendant une durée supérieure au pick-up time le plus long de l'ensemble des protections du SSEE :

- $P_{manu} = 1,1P_{maxinj}$ et $Q_{cons} = 1,1Q_{maxinj}$
- $P_{manu} = 1,1P_{maxinj}$ et $Q = 1,1Q_{maxabs}$
- $P_{manu} = 1,1P_{maxabs}$ et $Q = 1,1Q_{maxinj}$
- $P_{manu} = 1,1P_{maxabs}$ et $Q = 1,1Q_{maxabs}$

4.2.3.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne Q_{cons}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Fréquence du réseau V_R
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance active du SSEE et Consigne P_{manu} , superposées
- Puissance réactive du SSEE et Consigne Q_{cons} , superposées

4.2.3.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau.

CRIT.2 Les SSEE doit atteindre et maintenir un point de fonctionnement en limite de son diagramme PQ.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		20/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.3. REGLAGE PRIMAIRE DE FREQUENCE

4.3.1. FICHE F1-FL CARACTERISTIQUE DE REGLAGE

4.3.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier la caractéristique statique de réglage primaire de fréquence du SSEE. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-44.

4.3.1.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante (conditions initiales de chaque scénario) :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50\%$ pour chaque scénario. Le SSEE est en mode manuel ($Mode P = Manu$) avec la consigne $P_{manu} = 0$ MW et en mode réglage de la puissance réactive réalisé au PDL avec une consigne de puissance réactive nulle.

La caractéristique du réglage primaire de fréquence en mode grid following est paramétrée de la façon suivante :

- $f_1 = 49$ Hz, $P_1 = (P_{maxinj} + P_{maxabs})$
- $f_2 = 49,5$ Hz, $P_2 = 0,1 P_{maxinj}$
- $f_3 = 49,9$ Hz
- $f_4 = 50,1$ Hz
- $f_5 = 50,5$ Hz, $P_3 = -0,1 P_{maxabs}$
- $f_6 = 49,5$ Hz, $P_4 = -(P_{maxinj} + P_{maxabs})$

Deux scénarios seront réalisés en imposant les profils de fréquence et les valeurs de P_{manu} suivants :

1. $P_{manu} = -P_{maxabs}$; à $t = 10$ s, rampe linéaire de fréquence de la source de tension V_R de 50 Hz à 48 Hz en 60 secondes.
2. $P_{manu} = P_{maxinj}$; à $t = 10$ s, rampe linéaire de fréquence de la source de tension V_R de 50 Hz à 52 Hz en 60 secondes.

4.3.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne de réglage primaire de fréquence $P_{f1}(f_{SSEE})$
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Fréquence du réseau V_R
- Mesure de fréquence du SSEE utilisée pour le réglage primaire de fréquence
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance active du SSEE et référence de puissance active P_{ref} , superposées

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		21/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

- Fréquence du réseau V_R et Mesure de fréquence du SSEE utilisée pour le réglage primaire de fréquence, superposées
- Valeurs numériques de la fréquence et de la puissance active à chaque pas de simulation sous forme de nuage de points (f, P) , superposé sur la caractéristique de réglage du SSEE $P_{f1}(f_{SSEE})$.

4.3.1.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

CRIT.2 Respect de la caractéristique de réglage en fréquence (Req-44).

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		22/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.3.1. FICHE F2-FL ECHELON DE FREQUENCE RESEAU

4.3.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le comportement dynamique en réglage primaire de fréquence du SSEE. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-44, Req-51.

4.3.1.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante (conditions initiales de chaque scénario) :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

Les paramètres dynamiques définis dans la spécification Req-51 du CCTP sont réglés de la façon suivante :

- Dépassement maximal : $D_{max} = 5\%$
- Temps de montée : $t_m \leq 0,2 \text{ s}$
- Temps de réponse à 5% : $t_{r5\%} \leq 0,3 \text{ s}$

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50\%$ pour chaque scénario. Le SSEE est en mode manuel ($Mode P = Manu$) avec la consigne P_{manu} qui change pour chaque scénario et en mode réglage de la puissance réactive réalisé au PDL avec une consigne de puissance réactive nulle.

La caractéristique du réglage primaire de fréquence en mode grid following est paramétrée de la façon suivante :

- $f_1 = 49 \text{ Hz}, P_1 = (P_{max inj} + P_{max abs})$
- $f_2 = 49,5 \text{ Hz}, P_2 = 0,1 P_{max inj}$
- $f_3 = 49,9 \text{ Hz}$
- $f_4 = 50,1 \text{ Hz}$
- $f_5 = 50,5 \text{ Hz}, P_3 = -0,1 P_{max abs}$
- $f_6 = 49,5 \text{ Hz}, P_4 = -(P_{max inj} + P_{max abs})$

Trois scénarios seront réalisés en imposant pour chacun le profil de fréquence suivant à la source de tension V_R :

1. La fréquence de la source de tension V_R est initialement égale à 50 Hz.
2. A $t = 30 \text{ s}$, échelon négatif de fréquence de la source de tension V_R pour atteindre 49,9 Hz
3. A $t = 60 \text{ s}$, échelon positif de fréquence de la source de tension V_R pour atteindre 50,1 Hz
4. A $t = 90 \text{ s}$, échelon négatif de fréquence de la source de tension V_R pour atteindre 50 Hz
5. A $t = 120 \text{ s}$, échelon négatif de fréquence de la source de tension V_R pour atteindre 49 Hz
6. A $t = 150 \text{ s}$, échelon positif de fréquence de la source de tension V_R pour atteindre 51 Hz
7. A $t = 180 \text{ s}$, échelon négatif de fréquence de la source de tension V_R pour atteindre 50 Hz
8. Maintien de la fréquence de la source de tension V_R à 50 Hz pendant au moins 20 secondes.

Pour chacun des trois scénarios, une consigne de puissance active différente est utilisée :

1. La consigne manuelle de puissance active à utiliser est : $P_{manu} = 0 \text{ MW}$
2. La consigne manuelle de puissance active à utiliser est : $P_{manu} = P_{max inj}/2$
3. La consigne manuelle de puissance active à utiliser est : $P_{manu} = -P_{max abs}/2$

Le profil de fréquence à imposer à la source de tension V_R pour chacun des scénarios est illustrée ci-dessous :

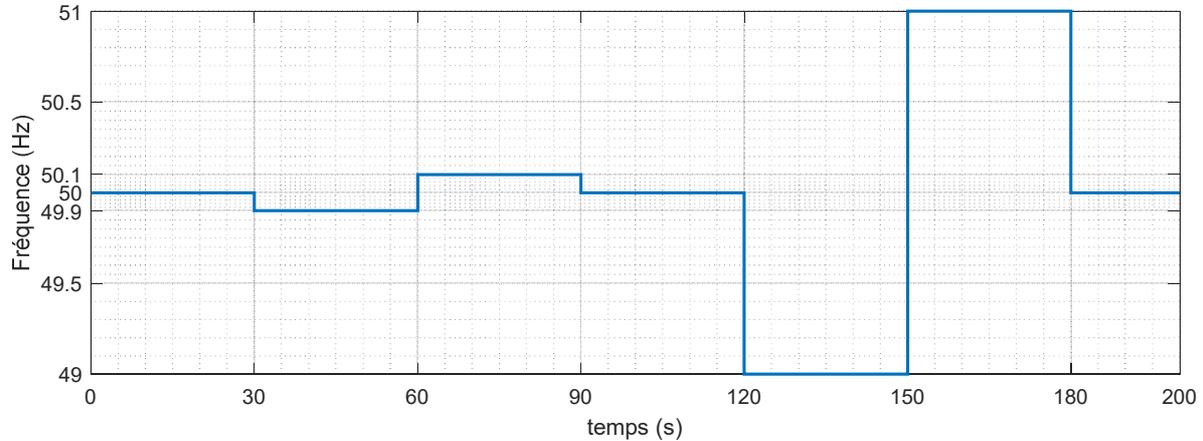


Figure 5 : profil temporel de fréquence réseau pour la fiche F2-FL

4.3.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne de réglage primaire de fréquence $P_{f1}(f_{SSEE})$
- Référence de puissance active P_{ref}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Fréquence du réseau V_R
- Mesure de fréquence du SSEE utilisée pour le réglage primaire de fréquence
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance active du SSEE et Référence de puissance active P_{ref} , superposées
- Fréquence du réseau V_R et Mesure de fréquence du SSEE utilisée pour le réglage primaire de fréquence, superposées
- Puissance réactive du SSEE

4.3.1.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

CRIT.2 Respect de la caractéristique de réglage en fréquence (Req-44).

CRIT.3 Réponse dynamique conforme au réglage des paramètres dynamiques (Req-51).

4.3.1. FICHE F3-FL REPORT DE CHARGE

4.3.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le comportement dynamique en réglage primaire de fréquence du SSEE. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-44, Req-51.

4.3.1.2. SCENARIOS DE SIMULATION

Le modèle de réseau Client à utiliser pour cette fiche est le suivant :

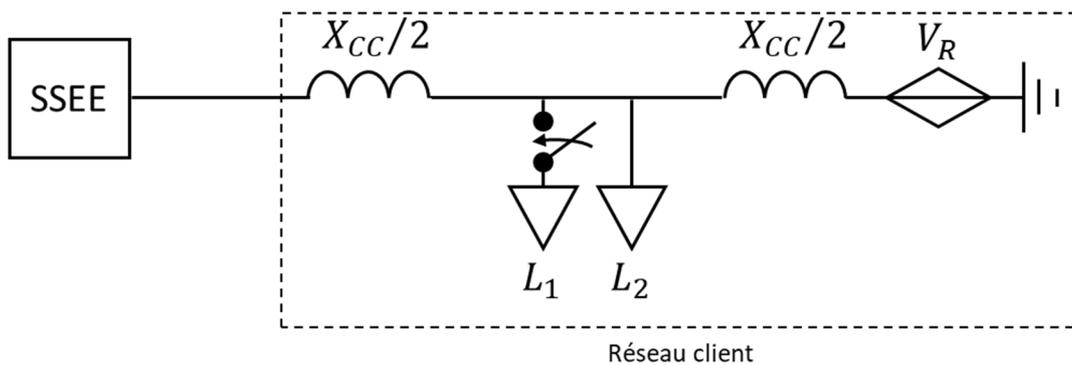


Figure 6 : modèle de réseau Client pour la fiche F3-FL

Le modèle dynamique à utiliser pour calculer la fréquence de la source de tension V_R est le suivant :

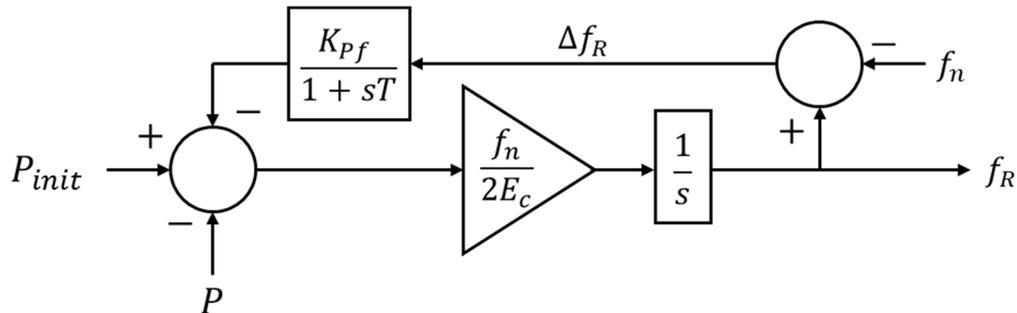


Figure 7 : modèle dynamique pour le calcul de la fréquence réseau pour la fiche F3-FL

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante (conditions initiales de chaque scénario) :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence initiale = f_n : 50 Hz.
- $P_{init} = 420 \text{ MW}$
- $E_c = 500 \text{ MW.s}$
- $K_{P_f} = 100 \text{ MW/Hz}$
- $T = 3,3 \text{ s}$

Les charges L1 et L2 doivent être paramétrées de la façon suivante :

- Modèle puissance constante
- $P_{L1} = 50 \text{ MW}$
- $P_{L2} = 450 \text{ MW}$
- $Q_{l1} = 0 \text{ Mvar}$

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		25/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

- $Q_{L2} = 0 \text{ Mvar}$

Les paramètres dynamiques définis dans la spécification Req-51 du CCTP sont réglés de la façon suivante :

- Dépassement maximal : $D_{max} = 5\%$
- Temps de montée : $t_m \leq 0,2 \text{ s}$
- Temps de réponse à 5% : $t_{r5\%} \leq 0,3 \text{ s}$

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50\%$ pour chaque scénario. Le SSEE est en mode manuel ($Mode P = Manu$) avec la consigne P_{manu} qui change pour chaque scénario et en mode réglage de la puissance réactive réalisé au PDL avec une consigne de puissance réactive nulle.

La caractéristique du réglage primaire de fréquence en mode grid following est paramétrée afin d'obtenir une pente de réglage égale à $K_{pf} = 100 \text{ MW/Hz}$ sans bande morte.

Le scénario à simuler est le suivant le couplage de L_1 puis son découplage de L_1 .

4.3.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne de réglage primaire de fréquence $P_{f1}(f_{SSEE})$
- Référence de puissance active P_{ref}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Puissance active de V_R
- Fréquence du réseau V_R
- Mesure de fréquence du SSEE utilisée pour le réglage primaire de fréquence
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance active du SSEE et Référence de puissance active P_{ref} , superposées
- Fréquence du réseau V_R et Mesure de fréquence du SSEE utilisée pour le réglage primaire de fréquence, superposées
- Puissance active de V_R
- Puissance réactive du SSEE

4.3.1.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

CRIT.2 Respect de la caractéristique de réglage en fréquence (Req-44).

CRIT.3 Réponse dynamique conforme au réglage des paramètres dynamiques (Req-51).

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		26/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.4. REGLAGE PRIMAIRE DE TENSION / PUISSANCE REACTIVE

4.4.1. FICHE U1-FL CARACTERISTIQUE DE REGLAGE

4.4.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier la caractéristique statique de réglage de tension / réglage de la puissance réactive du SSEE. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-53 à Req-59.

4.4.1.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante (conditions initiales de chaque scénario) :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50\%$ pour chaque scénario. Le SSEE est en mode manuel ($Mode P = Manu$) avec la consigne $P_{manu} = 0$ MW.

Quatre scénarios seront réalisés en faisant varier la tension du réseau V_R suivant le profil de tension décrit ci-après :

- Tension V_R initialement à $V_R = 33$ kV
- A $t = 10$ s, rampe linéaire de la tension V_R de 33 kV à 30 kV en 60 secondes
- Maintien de la tension V_R à 30 kV pendant 60 secondes
- Rampe linéaire de la tension V_R de 30 kV à 36 kV en 120 secondes
- Maintien de la tension V_R à 36 kV pendant 60 secondes

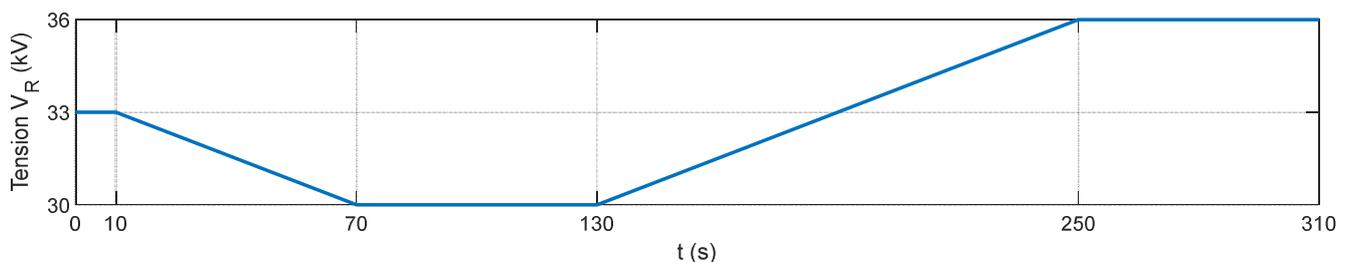


Figure 8 : profil temporel de la tension réseau pour la fiche U1-FL

Le mode de pilotage pour chaque scénario est spécifié ci-après :

1. Réglage de la tension au PDL, avec la consigne de tension $U_{cons} = 1$ pu
2. Réglage de la tension côté BT, avec la consigne de tension $U_{cons} = 1$ pu
3. Réglage de la puissance réactive au PDL, avec la consigne de puissance réactive $Q_{cons} = 0$
4. Réglage de la puissance réactive côté BT, avec la consigne de puissance réactive $Q_{cons} = 0$

La caractéristique du réglage de tension $U(Q)$ est paramétrée de la façon suivante :

- $Q_1 = -10$ MVar, $U_1 = 1,1$ pu
- $Q_2 = -5$ MVar, $U_2 = 1,05$ pu
- $Q_3 = 5$ MVar, $U_3 = 0,95$ pu
- $Q_4 = 10$ MVar, $U_4 = 0,9$ pu

La caractéristique du réglage de la puissance réactive $Q(U)$ est paramétrée de la façon suivante :

- $U_1 = 0,1$ pu, $Q_1 = -10$ MVar

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		27/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

- $U_2 = 0,05 \text{ pu}, Q_2 = -5 \text{ MVar}$
- $U_3 = 0,05 \text{ pu}, Q_3 = 5 \text{ MVar}$
- $U_4 = -0,1 \text{ pu}, Q_4 = 10 \text{ MVar}$

4.4.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne de tension U_{cons}
- Consigne de puissance réactive Q_{cons}
- Complément de référence de la puissance réactive ΔQ_{ref}
- Consigne de réglage primaire de tension U_{cons}
- Complément de référence de tension ΔU_{ref}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Puissance réactive au PDL
- Puissance réactive côté BT
- Tension au PDL
- Tension BT
- Tension en sortie du système de conversion d'énergie
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour le scénario no. 1 (Réglage de tension au PDL), les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Tension au PDL et référence de tension U_{ref} , superposées
- Puissance réactive du SSEE
- Valeurs numériques de la tension au PDL et de la puissance réactive du SSEE à chaque pas de simulation sous forme de nuage de points (U, Q) , superposé sur la caractéristique de réglage du SSEE $U_{cons} + \Delta U_{ref}(Q)$

Pour le scénario no. 2 (Réglage de tension côté BT), les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Tension côté BT et référence de tension U_{ref} , superposées
- Puissance réactive du SSEE
- Valeurs numériques de la tension côté BT et de la puissance réactive du SSEE à chaque pas de simulation sous forme de nuage de points (U, Q) , superposé sur la caractéristique de réglage du SSEE $U_{cons} + \Delta U_{ref}(Q)$

Pour le scénario no. 3 (Réglage de la puissance réactive au PDL), les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance réactive au PDL et référence de puissance réactive Q_{ref} , superposées
- Tension du SSEE
- Valeurs numériques de la réactive au PDL et de la tension du SSEE à chaque pas de simulation sous forme de nuage de points (Q, U) , superposé sur la caractéristique de réglage du SSEE $\Delta Q_{ref}(U)$

Pour le scénario no. 4 (Réglage de la puissance réactive côté BT), les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance réactive côté BT et référence de puissance réactive Q_{ref} , superposées
- Tension du SSEE
- Valeurs numériques de la puissance réactive côté BT et de la tension du SSEE à chaque pas de simulation sous forme de nuage de points (Q, U) , superposé sur la caractéristique de réglage du SSEE $\Delta Q_{ref}(U)$

4.4.1.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		28/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637	Indice	A

CRIT.2 Respect de la caractéristique de réglage de tension (Req-55, Req-56)

CRIT.3 Respect de la caractéristique de réglage de la puissance réactive (Req-58, Req-59)

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		29/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.4.1. FICHE U2-FL ECHELON DE TENSION RESEAU

4.4.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le comportement dynamique en réglage primaire de fréquence du SSEE. Les spécifications du CCTP associées sont les suivantes : Req-56, Req-59, Req-61.

4.4.1.2. SCENARIOS DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante (conditions initiales de chaque scénario) :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

Les paramètres dynamiques définis dans la spécification Req-61 du CCTP sont réglés de la façon suivante :

- Dépassement maximal : $D_{max} = 5\%$
- Temps de montée : $t_m \leq 0,2 \text{ s}$
- Temps de réponse à 5% : $t_{r5\%} \leq 0,3 \text{ s}$

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50 \%$ pour chaque scénario. Le SSEE est en mode manuel ($Mode P = Manu$) avec la consigne $P_{manu} = 0 \text{ MW}$.

Le mode de pilotage pour chaque scénario est spécifié ci-après :

1. Réglage de la tension au PDL, avec la consigne de tension permettant d'obtenir la puissance réactive initiale
2. Réglage de la tension côté BT, avec la consigne de tension permettant d'obtenir la puissance réactive initiale
3. Réglage de la puissance réactive au PDL, avec la consigne de puissance réactive permettant d'obtenir la puissance réactive initiale
4. Réglage de la puissance réactive côté BT, avec la consigne de puissance réactive permettant d'obtenir la puissance réactive initiale

La caractéristique du réglage de tension $U(Q)$ est paramétrée de la façon suivante :

- $Q_1 = -10 \text{ MVar}, U_1 = 1,1 \text{ pu}$
- $Q_2 = -5 \text{ MVar}, U_2 = 1,05 \text{ pu}$
- $Q_3 = 5 \text{ MVar}, U_3 = 0,95 \text{ pu}$
- $Q_4 = 10 \text{ MVar}, U_4 = 0,9 \text{ pu}$

La caractéristique du réglage de la puissance réactive $Q(U)$ est paramétrée de la façon suivante :

- $U_1 = 0,1 \text{ pu}, Q_1 = -10 \text{ MVar}$
- $U_2 = 0,05 \text{ pu}, Q_2 = -5 \text{ MVar}$
- $U_3 = 0,05 \text{ pu}, Q_3 = 5 \text{ MVar}$
- $U_4 = -0,1 \text{ pu}, Q_4 = 10 \text{ MVar}$

Quatre scénarios seront réalisés en imposant pour chacun le profil de tension efficace suivant à la source de tension V_R :

1. La tension efficace de la source de tension V_R est initialement égale à 33 kV.
2. A $t = 30 \text{ s}$, échelon négatif de tension efficace de la source de tension V_R pour atteindre 30 kV
3. A $t = 60 \text{ s}$, échelon positif de tension efficace de la source de tension V_R pour atteindre 36 kV
4. Maintien de la tension efficace de la source de tension V_R à 36 kV pendant au moins 20 secondes.

Pour chacun des quatre scénarios, une puissance réactive au PDL initiale différente est utilisée :

1. $Q = 0 \text{ Mvar}$
2. $Q = Q_{max \text{ inj}}/2$
3. $Q = -Q_{max \text{ abs}}/2$

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		30/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.4.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne de tension U_{cons}
- Consigne de puissance réactive Q_{cons}
- Complément de référence de la puissance réactive ΔQ_{ref}
- Consigne de réglage primaire de tension U_{cons}
- Complément de référence de tension ΔU_{ref}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Puissance réactive au PDL
- Puissance réactive côté BT
- Tension au PDL
- Tension BT
- Tension en sortie du système de conversion d'énergie
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour le scénario no. 1 (Réglage de tension au PDL), les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Tension au PDL et référence de tension U_{ref} , superposées
- Puissance réactive du SSEE
- Valeurs numériques de la tension au PDL et de la puissance réactive du SSEE à chaque pas de simulation sous forme de nuage de points (U, Q) , superposé sur la caractéristique de réglage du SSEE $U_{cons} + \Delta U_{ref}(Q)$

Pour le scénario no. 2 (Réglage de tension côté BT), les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Tension côté BT et référence de tension U_{ref} , superposées
- Puissance réactive du SSEE
- Valeurs numériques de la tension côté BT et de la puissance réactive du SSEE à chaque pas de simulation sous forme de nuage de points (U, Q) , superposé sur la caractéristique de réglage du SSEE $U_{cons} + \Delta U_{ref}(Q)$

Pour le scénario no. 3 (Réglage de la puissance réactive au PDL), les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance réactive au PDL et référence de puissance réactive Q_{ref} , superposées
- Tension du SSEE
- Valeurs numériques de la réactive au PDL et de la tension du SSEE à chaque pas de simulation sous forme de nuage de points (Q, U) , superposé sur la caractéristique de réglage du SSEE $\Delta Q_{ref}(U)$

Pour le scénario no. 4 (Réglage de la puissance réactive côté BT), les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance réactive côté BT et référence de puissance réactive Q_{ref} , superposées
- Tension du SSEE
- Valeurs numériques de la puissance réactive côté BT et de la tension du SSEE à chaque pas de simulation sous forme de nuage de points (Q, U) , superposé sur la caractéristique de réglage du SSEE $\Delta Q_{ref}(U)$

4.4.1.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation

CRIT.2 Respect de la caractéristique de réglage de tension (Req-55, Req-56)

CRIT.3 Respect de la caractéristique de réglage de la puissance réactive (Req-58, Req-59)

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		31/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

CRIT.4 Réponse dynamique conforme au réglage des paramètres dynamiques (Req-61).

 NERCAL <small>SOCIÉTÉ NEO-CALÉDONIENNE D'ÉNERGIE</small>	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		32/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

4.5. COMPORTEMENT SUR DEFAUT

4.5.1. FICHE D1-FL COURT-CIRCUITS

4.5.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier la valeur efficace et la durée d'injection de courant de défaut du SSEE sur court-circuit triphasé, biphasé et monophasé.

4.5.1.2. SCENARIO DE SIMULATION

La source de tension V_R doit être paramétrée de la façon suivante (conditions initiales de chaque scénario) :

- Système de tension équilibrée,
- Tension efficace entre-phases : 33 kV,
- Fréquence : 50 Hz.

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50 \%$. Le SSEE est en mode manuel ($Mode P = Manu$) avec la consigne $P_{manu} = P_{max inj}$ et en mode réglage de la puissance réactive réalisé au PDL avec une consigne de puissance réactive $Q_{manu} = Q_{max inj}$.

Les scénarios à simuler sont les suivants : à l'instant $t = 10$ s, court-circuit maintenu au PDL. La simulation s'arrête lorsque le SSEE n'est plus capable de maintenir son courant maximal :

- Court-circuit triphasé ;
- Court-circuit biphasé ;
- Court-circuit monophasé.

4.5.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Courant au PDL (par phase)
- Courant BT (par phase)
- Tension au PDL (par phase)
- Tension BT (par phase)
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Courant au PDL (par phase)
- Courant BT (par phase)
- Tension au PDL (par phase)
- Tension BT (par phase)

4.5.1.1. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit injecter son courant de défaut conformément à l'exigence Req-15.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		33/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637	Indice	A

5. SSEE EN MODE GRID FORMING

L'ensemble des grid following sont à réaliser pour le mode grid forming en remplacement FL (Following) par FM (Forming) dans le nom de la fiche.

En complément, les fiches ci-dessous, spécifiques au mode grid forming, sont à réaliser.

5.1. FICHE F4-FM FONCTIONNEMENT EN LIMITE D'INJECTION DE PUISSANCE ACTIVE

5.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le respect de l'exigence Req-89.

5.1.2. SCENARIOS DE SIMULATION

Le modèle de réseau Client à utiliser pour cette fiche est le suivant :

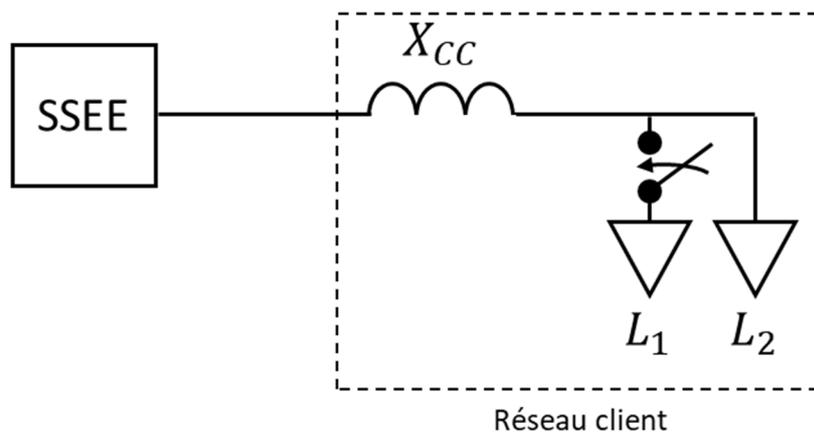


Figure 9 : modèle de réseau Client pour la fiche F4-FM

Les charges L_1 et L_2 doivent être paramétrées de la façon suivante pour les différents scénarios :

1. Scénario 1 :
 - Modèle puissance constante
 - $P_{L1} = P_{maxinj} + 1 MW - 49 MW$
 - $P_{L2} = 49 MW$
 - $Q_{L1} = 0 Mvar$
 - $Q_{L2} = 0 Mvar$
2. Scénario 2 :
 - Modèle puissance constante
 - $P_{L1} = P_{maxinj} + 26 MW - 49 MW$
 - $P_{L2} = 49 MW$
 - $Q_{L1} = 0 Mvar$
 - $Q_{L2} = 0 Mvar$

Les charges L_1 et L_2 sont délestable, respectivement dans les conditions suivantes :

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		34/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

- $L_1 : f \leq 48,5 \text{ Hz } T_{pickup} = 0,3 \text{ s}$
- $L_2 : f \leq 48,5 \text{ Hz } T_{pickup} = 0,5 \text{ s}$

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50 \%$ pour chaque scénario. Le SSEE est en mode manuel ($Mode P = Manu$) avec la consigne P_{manu} qui change pour chaque scénario et en mode réglage de la tension réalisé au PDL avec une consigne de tension à 1 pu.

La caractéristique du réglage primaire de fréquence en mode grid forming est paramétrée afin d'obtenir une pente de réglage égale à $K_{pf} = 20 \text{ MW/Hz}$.

Le scénario à simuler est le suivant le couplage de L_1 .

5.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne de réglage primaire de fréquence $P_{f1}(f_{SSEE})$
- Référence de puissance active P_{ref}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Fréquence du SSEE
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance active du SSEE et Référence de puissance active P_{ref} , superposées
- Fréquence du SSEE
- Puissance active de V_R
- Puissance réactive du SSEE

5.1.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

CRIT.2 Respect de l'exigence Req-89.

CRIT.3 La charge L_1 doit avoir été délestée.

5.2. FICHE F4-FM FONCTIONNEMENT EN LIMITE D'ABSORPTION DE PUISSANCE ACTIVE

5.2.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le respect de l'exigence Req-90.

5.2.2. SCENARIOS DE SIMULATION

Le modèle de réseau Client à utiliser pour cette fiche est le suivant :

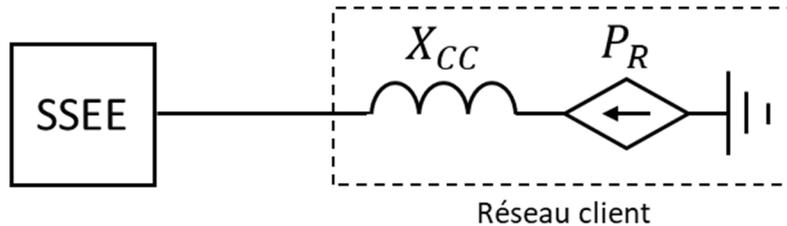


Figure 10 : modèle de réseau Client pour la fiche F4-FM

Le modèle dynamique pour la source de puissance P_R est le suivant :

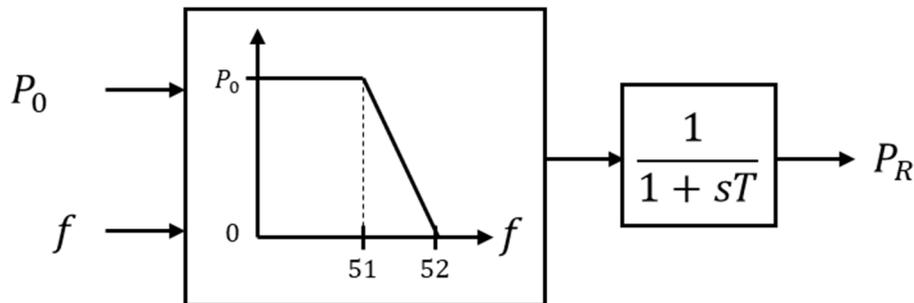


Figure 11 : modèle dynamique source de puissance P_R pour la fiche F4-FM

Avec $T = 0,0667 \text{ s}$

L'état de charge initial de la batterie doit être : $SoC = 50 \%$ pour chaque scénario. Le SSEE est en mode manuel (*Mode P = Manu*) avec la consigne P_{manu} qui change pour chaque scénario et en mode réglage de la tension réalisé au PDL avec une consigne de tension à 1 pu.

La caractéristique du réglage primaire de fréquence en mode grid forming est paramétrée afin d'obtenir une pente de réglage égale à $K_{pf} = 20 \text{ MW/Hz}$.

Les deux scénarios à simuler sont les suivants :

1. Scénario 1 : échelon de P_0 de 49 MW (valeur initiale) à $P_{max abs} + 1 \text{ MW}$ (valeur finale)
2. Scénario 2 : échelon de P_0 de 49 MW (valeur initiale) à $P_{max abs} + 26 \text{ MW}$ (valeur finale)

5.2.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne de réglage primaire de fréquence $P_{f1}(f_{SSEE})$
- Référence de puissance active P_{ref}
- Puissance active du SSEE
- P_R
- Puissance réactive du SSEE
- Tension au PDL
- Tension BT
- Fréquence du SSEE

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		36/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Puissance active du SSEE et Référence de puissance active P_{ref} , superposées
- Fréquence du SSEE
- Puissance active de V_R
- Puissance réactive du SSEE
- P_R

5.2.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.1 Le SSEE doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

CRIT.2 Respect de l'exigence Req-90.

CRIT.3 La charge L_1 doit avoir été délestée.

	SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES D'UN SYSTEME DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE (SSEE)	Pages
		37/37
Réf. du document : CIST-DTP-ICE-21-0637		Indice A

6. BLACK START ET RENVOI DE TENSION

6.1. FICHE P5 : BLACK START ET RENVOI DE TENSION

6.1.1. OBJECTIF

L'objectif de cette fiche est de vérifier le respect des exigences Req-66 à Req-71.

6.1.2. SCENARIOS DE SIMULATION

Les modèles de réseau Client à utiliser pour chacun des deux scénarios correspondent au contenu de l'exigence Req-71.

Les deux scénarios à simuler correspondent au séquençage décrit dans les exigences Req-66 à Req-70.

La durée de la phase de simulation post-stabilisation du SSEE à l'issue du renvoi de tension doit être supérieure au pick-up time le plus long de l'ensemble des protections du SSEE.

6.1.3. RESULTATS

Pour chacun des scénarios, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au pas de temps de la simulation :

- Consigne P_{manu}
- Consigne de réglage primaire de fréquence $P_{f1}(f_{SSEE})$
- Référence de puissance active P_{ref}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Courant au PDL (par phase)
- Courant BT (par phase)
- Tension au PDL (par phase)
- Tension BT (par phase)
- Fréquence du SSEE
- Etat de charge SoC (%) de du SSEE

Pour chacun des scénarios, les résultats suivants, présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux :

- Consigne P_{manu}
- Consigne de réglage primaire de fréquence $P_{f1}(f_{SSEE})$
- Référence de puissance active P_{ref}
- Puissance active du SSEE
- Puissance réactive du SSEE
- Courant au PDL (par phase)
- Courant BT (par phase)
- Tension au PDL (par phase)
- Tension BT (par phase)
- Fréquence du SSEE

6.1.4. CRITERES DE CONFORMITE

CRIT.4 Le SSEE doit rester couplé au réseau à partir de l'instant de couplage et pendant tout le reste de la simulation.-