Cahier des charges technique pour un stockage d'électricité dans les ZNI

Guichet Guyane 2026

Identification : SEI REF 46
Version d'octobre 2026

TABLE DES MATIERES

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DU DOCUMENT 6
2. FORMALISME DU DOCUMENT 6
3. NORMES ET STANDARDS DE REFERENCE 8
4. CARACTERISTIQUES DU SYSTEME DE STOCKAGE 9
4.1. Mode de pilotage des onduleurs de tension 9
4.2. Services visés 9
4.2.1. Service de report de charge 10
4.2.2. Service de réglage de la tension 14
4.2.3. Réglage primaire de fréquence 17
4.2.4. Injection et absorption de courant de défaut 19
4.3. Tenue aux variations normales et exceptionnelles de la tension et de la fréquence d'exploitation 21
4.3.1. Variations normales et exceptionnelles de la tension d'exploitation 21
4.3.2. Variations normales et exceptionnelles de la fréquence d'exploitation 21
4.4. Tenue aux perturbations 22
4.4.1. Tenue au ROCOF – (rate of change of frequency) 22
4.4.2. Tenue aux creux de tensions 22
4.4.3. Tenue aux pics de tensions 22
4.5. Qualité de l'électricité 23
4.6. Dimensionnement électrique 23
4.6.1. Dimensionnement en puissance active et en énergie 23
4.6.2. Capacités en réactif 23
5. RACCORDEMENT ET ENVIRONNEMENT 25
5.1. Environnement et normes 25
5.2. Raccordement de l'installation pour la valorisation des services 25
5.3. Protections et comportement sur défaut 25
6. TELE-CONDUITE DU STOCKAGE 26
6.1. Général 26
6.2. Protocole de communication 26
6.3. Support de communication 26
6.3.1. Interface avec le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation 27
6.3.2. Sécurisation des communications 27
6.3.3. Echanges d'informations 28
7. MODÉLISATION NUMÉRIQUE 29
7.1. Modèles PowerFactory 29
7.2. Manuel utilisateur 29
7.3. Dossier de simulation 30
7.4. Mise à jour 30
8. ESSAIS ET MISE EN SERVICE INDUSTRIEL (MSI) 31
8.1. Essais 31
8.1.1. Essais télé-conduite 31
8.1.2. Essais système avant la mise en service industriel 32
8.1.3. Conformité du stockage aux exigence du cahier des charges 32
8.2. Mise en service industriel 32

9. CONTROLE DES PERFORMANCES 32
10. ANNEXE 1 : DOSSIER DE SIMULATION 33
10.1. Exigences générales des fiches de performances par simulation 33
10.1.1. Modèles numériques du stockage 33
10.1.2. Logiciel de simulation 34
10.1.3. Fourniture du modèle PowerFactory utilisé pour réaliser le dossier de simulation 34
10.1.4. Export des résultats au format CSV 34
10.1.5. Résultats communs à toutes les fiches 35
10.1.6. Tolérance sur les critères de conformité 36
10.1.7. Modèle de Réseau 37
10.1.8. Paramétrage des services du stockeur 39
10.2. Fiche n°1 : Réponse à un saut de phase en mode grid forming 41
10.2.1. Objectif 41
10.2.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau 41
10.2.3. Paramétrage spécifique du stockage 41
10.2.4. Scénario de simulation 42
10.2.5. Résultats 42
10.2.6. Critères de conformité 42
10.3. Fiche n°2 : Réponse à un échelon de fréquence 43
10.3.1. Objectif 43
10.3.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau 43
10.3.3. Paramétrage spécifique du stockage 43
10.3.4. Scénario de simulation 43
10.3.5. Résultats 44
10.3.6. Critères de conformité 44
10.4. Fiche n°3 : Réponse à la perte d'un groupe sans atteinte de la limitation de puissance active du stockage 45
10.4.1. Objectif 45
10.4.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau 45
10.4.3. Paramétrage spécifique du stockage 45
10.4.4. Scénario de simulation 46
10.4.5. Résultats 46
10.4.6. Critères de conformité 46
10.5. Fiche n°4 : Réponse à la perte d'un groupe avec atteinte de la limitation de puissance active du stockage et nécessité d'un report de charge vers Vr 47
10.5.1. Objectif 47
10.5.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau 47
10.5.3. Paramétrage spécifique du stockage 48
10.5.4. Scénario de simulation 48
10.5.5. Résultats 48
10.5.6. Critères de conformité 48
10.6. Fiche n°5 : Réponse à la perte d'un groupe avec atteinte de la limitation de puissance active du stockage et nécessité d'activer un cran de délestage 49
10.6.1. Objectif 49
10.6.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau 49

10.6.3. Paramétrage spécifique du stockage 50
10.6.4. Scénario de simulation 50
10.6.5. Résultats 50
10.6.6. Critères de conformité 50
10.7. Fiche n°6 : Loi consigne de puissance réactive 52
10.7.1. Objectif 52
10.7.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau 52
10.7.3. Paramétrage spécifique du stockage 52
10.7.4. Scénario de simulation 52
10.7.5. Résultats 53
10.7.6. Critères de conformité 53
10.8. Fiche n°7 : Courts-circuits polyphasés 54
10.8.1. Objectif 54
10.8.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau 54
10.8.3. Paramétrage spécifique du stockage 54
10.8.4. Scénario de simulation 54
10.8.5. Résultats 55
10.8.6. Critères de conformité 55
10.9. Fiche n°8 : îlotage entraînant l'atteinte de la limitation de puissance active 56
10.9.1. Objectif 56
10.9.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau 56
10.9.3. Paramétrage spécifique du stockage 56
10.9.4. Scénario de simulation 57
10.9.5. Résultats 57
10.9.6. Critères de conformité 58
11. ANNEXES 2 : FICHES ESSAIS SYSTEME AVANT LA MISE EN SERVICE INDUSTRIEL 59
11.1. Exigences communes à toutes les fiches essais 59
11.1.1. Conditions de réalisation 59
11.1.2. Résultats à communiquer par le stockeur 60
11.2. Fiche n°1 : Capacités en puissance réactive 62
11.2.1. Objectif des essais 62
11.2.2. Conditions de réalisation 62
11.2.3. Déroulement des essais 62
11.2.4. Résultats à communiquer par le stockeur 63
11.2.5. Critères de conformité 64
11.3. Fiche n°2 : Stabilité de la régulation de puissance réactive 65
11.3.1. Objectif des essais 65
11.3.2. Conditions de réalisation 65
11.3.3. Déroulement des essais 65
11.3.4. Résultats à communiquer par le stockeur 66
11.3.5. Critères de conformité 66
11.4. Fiche n°3 : Réglage primaire de fréquence 67
11.4.1. Objectif des essais 67
11.4.2. Conditions de réalisation communes aux essais de la fiche n°3 67
11.4.3. Résultats communs aux essais de la fiche n°3 69

11.4.4. Critères de conformité communs aux essais de la fiche n°3 69
11.4.5. Essai n°1 71
11.4.6. Essai n°2 71
11.4.7. Essai n°3 72
11.4.8. Essai n°4 72
11.4.9. Essai n°5 (avec action volontaire du GRD) 73
11.5. Fiche n°4 (grid forming) : Essai en limite d'injection de puissance active 74
11.5.1. Objectif de l'essai 74
11.5.2. Conditions de réalisation 74
11.5.3. Déroulement des essais 74
11.5.4. Résultats à communiquer par le stockeur 74
11.5.5. Critères de conformité 74
12. ANNEXE 3 : ADAPTATION DU CAHIER DES CHARGES TECHNIQUE AUX BATTERIES HTB 76
13. ANNEXE 4 : ADAPTATION DU CAHIER DES CHARGES TECHNIQUE AUX STEPS HTA ET HTB 78
14. GLOSSAIRE 81
15. DEFINITIONS DES PERFORMANCES DYNAMIQUES EN REPONSE A UN ECHELON 82
16. REFERENCES INTERNES EDF 83

1. Contexte et objectif du document

Ce présent document est établi en application de la délibération N°2026-121 relative à la méthodologie applicable à l'examen d'un projet d'ouvrage de stockage d'électricité dans les zones non interconnectées (ZNI). Conformément à la délibération, le gestionnaire de réseau « publie les prescriptions techniques permettant la fourniture des services qui auront été identifiés par la CRE comme ayant a priori le plus de valeur ».

Ce document constitue un cahier des charges technique générique pour un système de stockage par batterie raccordé en HTA participant au guichet mis en place par la CRE. Il se focalise sur les spécifications liant le dispositif de stockage au système électrique géré par le gestionnaire de réseau (EDF SEI). Il est établi par le gestionnaire de réseau à la demande de la Commission de Régulation de l'Energie (délibération N°2026-121). Il pourra être modifié et mis à jour, en particulier en fonction des évolutions du fonctionnement et des modalités d'exploitation du système électrique sur les territoires concernés.

Une fois la mise en service industriel prononcée, lorsqu'il se déclare comme disponible le système de stockage doit respecter les exigences techniques du présent document et de ses annexes.

L'annexe 3 traite de l'adaptation du présent cahier des charges techniques aux systèmes de stockage par batterie raccordés en HTB.

L'annexe 4 traite de l'adaptation du présent cahier des charges techniques aux systèmes de stockage de type STEP (Station de Transfert d'Energie par Pompage) raccordés en HTA et en HTB.

2. Formalisme du document

Le document est composé d'exigences et de notes.

Les exigences sont identifiées par la combinaison du préfixe du domaine auquel elles appartiennent, ainsi que d'un numéro permettant de distinguer les exigences d'une même catégorie :

Préfixes	Domaine
GEN	Général
SYS	Système (général)
SYS-P	Système – report de charge et régulation de puissance active en général
SYS-U	Système – réglage de tension
SYS-F	Système – réglage de fréquence
SYS-I	Système – injection et absorption de courant de défaut
SYS-UF	Système – tenue aux variations de tension, de fréquence et aux perturbations
ELC	Dimensionnement électrique
TLC	Télé-conduite
SIM	Modélisation numérique et simulations
ESS	Essais

FICHE-SIM-GEN	Fiche de simulation – général
FICHE-SIM_1	Fiche de simulation n°1
FICHE-SIM_2	Fiche de simulation n°2
FICHE-SIM_3	Fiche de simulation n°3
FICHE-SIM_4	Fiche de simulation n°4
FICHE-SIM_5	Fiche de simulation n°5
FICHE-SIM_6	Fiche de simulation n°6
FICHE-SIM_7	Fiche de simulation n°7
FICHE-SIM_8	Fiche de simulation n°8
FICHE-ESS-GEN	Fiches essais – général
FICHE-ESS_1	Fiche essai n°1
FICHE-ESS_2	Fiche essai n°2
FICHE-ESS_3	Fiche essai n°3
FICHE-ESS_4	Fiche essai n°4

Tableau 1 : Préfixes et domaines des exigences

Les notes sont des paragraphes pouvant inclure des schémas et/ou des tableaux qui permettent d'illustrer les exigences et d'apporter des éléments de contexte lorsque cela a été jugé nécessaire. Elles sont de deux sortes :

- Les notes associées à une exigence : elles sont identifiées par l'identifiant de l'exigence suivi de **NOTE**. Par exemple, la note **GEN-001-NOTE** concerne uniquement l'exigence **GEN-001**.
- Les notes de domaine : elles sont identifiées par NOTE suivi du préfixe du domaine concerné et d'un numéro de commentaire. Par exemple, la note **NOTE-SYS-001** est la note n°1 du domaine système (général).

Tout paragraphe dans le corps principal du présent document, ainsi que de ses annexes, fait partie d'une exigence ou d'une note. Aussi, si un paragraphe, schéma, etc. n'a pas de numéro d'exigence ou de note sur sa ligne, il fait partie intégrante de l'exigence ou de la note précédente.

3. Normes et standards de référence

GEN-001 Le stockage doit être conforme aux documents ci-dessous énumérés avec l'ordre de priorité qu'il conviendra d'appliquer/respecter en cas de contradictions entre ceux-ci :

1. Le présent cahier des charges et ses annexes
2. Les normes et référentiels de EDF SEI (SEI REF 02, …) disponibles sur le site institutionnel de EDF SEI de chaque ZNI
3. Lois et règlements en vigueur (arrêté raccordement 9 juin 2020, …)
4. Les normes applicables suivantes :
   - NF EN IEC 62933 : Systèmes de stockage de l'énergie électrique (SSEE) ;
   - NF EN 50549-2:2019 : Exigences relatives aux centrales électriques destinées à être raccordées en parallèle à des réseaux de distribution ;
   - IEC 60870-5-104 : Matériels et systèmes de téléconduite : Partie 5-104 : Protocoles de transmission ;
   - IEC 61850 (série) : Réseaux et systèmes de communication pour l'automatisation des systèmes électriques ;
   - IEC 61000 (série) : Compatibilité électromagnétique (CEM) ;
   - IEC 60255 : Relais de mesure et dispositifs de protection ;
   - IEC 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.

GEN-002 La langue des échanges et des écrits doit être le français.

GEN-003 La tension de base pour les tensions exprimées en pu dans ce document et ses annexes est 20 kV.

4. Caractéristiques du système de stockage

GEN-004 Sauf mention explicite dans l'exigence concernée, les exigences techniques contenues dans ce document sont données au PDL du stockage.

GEN-005 Les exigences techniques contenues dans ce document doivent être respectées sur toute la durée de vie du stockage.

4.1. Mode de pilotage des onduleurs de tension

SYS-MOD-001 Le onduleurs de tension du stockage doivent pouvoir fonctionner selon deux modes de pilotage :

- Grid following
- Grid forming

SYS-MOD-002 En mode grid following, le stockage doit se comporter, dans la limite de son diagramme PQ, comme une source de puissance PQ.

SYS-MOD-003 En mode grid forming, le stockage doit se comporter, dans la limite de son diagramme PQ, comme une source de tension.

SYS-MOD-004 Le stockeur doit être capable de recevoir et d'appliquer des consignes de mode de pilotage transmises par le dispositif d'échange avec le dispatching sous la forme :

- de télé-commande via le lien de télé-conduite,
- de messages collationnés par téléphone.

SYS-MOD-004-NOTE L'utilisation des messages collationnés servira en cas d'indisponibilité du lien avec le dispatching.

4.2. Services visés

NOTE-SYS-001

- Le stockage sera utilisé par le gestionnaire de réseau afin de participer au programme d'appel et apporter des services nécessaires à la sûreté du système électrique. Ces services sont spécifiés dans ce chapitre.
- Lorsque le stockage est disponible, il doit se conformer à l'ensemble des exigences du présent cahier des charges et fournir l'ensemble des services décrits indépendamment des modalités de valorisation retenues par la CRE.

4.2.1. Service de report de charge

SYS-P-001 Le stockage doit être capable de recevoir et d'appliquer des consignes de puissance active P_{cons} transmises par le dispatching sous la forme :

- de télé-valeurs de consigne via le lien de télé-conduite,
- de messages collationnés par téléphone.

SYS-P-001-NOTE L'utilisation des messages collationnés servira en cas d'indisponibilité du lien avec le dispatching.

SYS-P-002 Le stockage doit appliquer une rampe sur les consignes P_{cons} transmises par le dispatching.

Cette rampe doit pouvoir être, activée, désactivée et paramétrée à la demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation.

Sauf réglage explicite dans la convention d'exploitation, le paramétrage pour la mise en service industrielle du stockage sera $4\ MW/min$ à la hausse et $-4\ MW/min$ à la baisse.

SYS-P-003 Lorsque la consigne de puissance active transmise par le dispatching P_{cons} est nulle, le stockeur doit maintenir son stock utile en injectant ou soutirant une puissance active supplémentaire P_{SOC} dans la limite de :

- 10% de $P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ pour les stockages avec $P_{nette\ contractuelle\ en\ injection} \leq 5\ MW$
- 0,5 MW pour les stockages avec $P_{nette\ contractuelle\ en\ injection} > 5\ MW$

SYS-P-003-NOTE L'énergie associée aux injections/soutirages de P_{SOC} doit être prise en compte dans l'évaluation du rendement du stockage.

SYS-P-004 Le stockage doit être capable de recevoir et d'appliquer des limites de puissance active en injection $P_{\max injection\ dispatching}$ dans la plage $[0\ MW\ ;P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}]$ et soutirage $P_{\max soutirage\ dispatching}$ dans la plage $[0\ MW\ ;P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}]$ à la consigne de puissance active P_{cons} ainsi qu'à la référence de puissance active P_{ref}. Ces limites sont transmises par le dispatching sous la forme :

- de télé-valeurs de consigne de consigne via le lien de télé-conduite,
- de messages collationnés par téléphone.

SYS-P-004-NOTE La référence de puissance active P_{ref} est la somme des trois composantes ci-dessous :

- La consigne de report de charge : P_{cons}
- La consigne pour le maintien de l'état de charge (lorsque la consigne report de charge est nulle) : P_{SOC}
- La participation au réglage primaire de fréquence : P_{f1}
- L'utilisation des messages collationnés servira en cas d'indisponibilité du lien avec le dispatching.

SYS-P-005 Le stockage doit baisser sa puissance active maximale d'injection $P_{\max injection}$ en suivant une rampe lorsqu'il approche d'un stock utile de 0 % afin que la limite de puissance active d'injection atteigne $0\ MW$ lorsque le stock utile est égal à $0\ \%$.

Cette rampe doit pouvoir être, activée, désactivée et paramétrée à la demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation.

Sauf réglage explicite dans la convention d'exploitation, le paramétrage pour la mise en service industrielle du stockage sera $-4\ MW/min$.

SYS-P-006 Le stockage doit baisser sa puissance active maximale de soutirage $P_{\max soutirage}$ en suivant une rampe lorsqu'il approche d'un stock utile de 100 % afin que la limite de puissance active d'injection atteigne $0\ MW$ lorsque le stock utile est égal à $100\ \%$.

Cette rampe doit pouvoir être, activée, désactivée et paramétrée à la demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation.

Sauf réglage explicite dans la convention d'exploitation, le paramétrage pour la mise en service industrielle du stockage sera $-4\ MW/min$.

NOTE-SYS-P-001 La fonctionnalité spécifiée dans les exigences **SYS-P-005** et **SYS-P-006** est appelée « derating contractuel » et est illustrée ci-dessous.

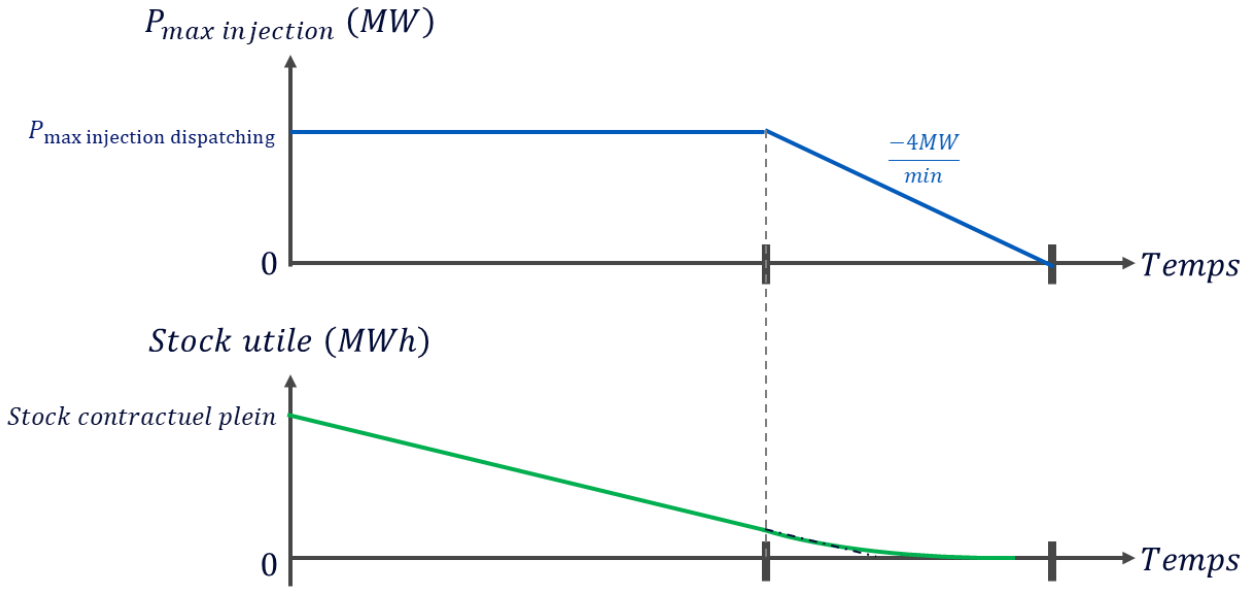


Figure 1 : illustration du derating contractuel lorsque le stockage se décharge

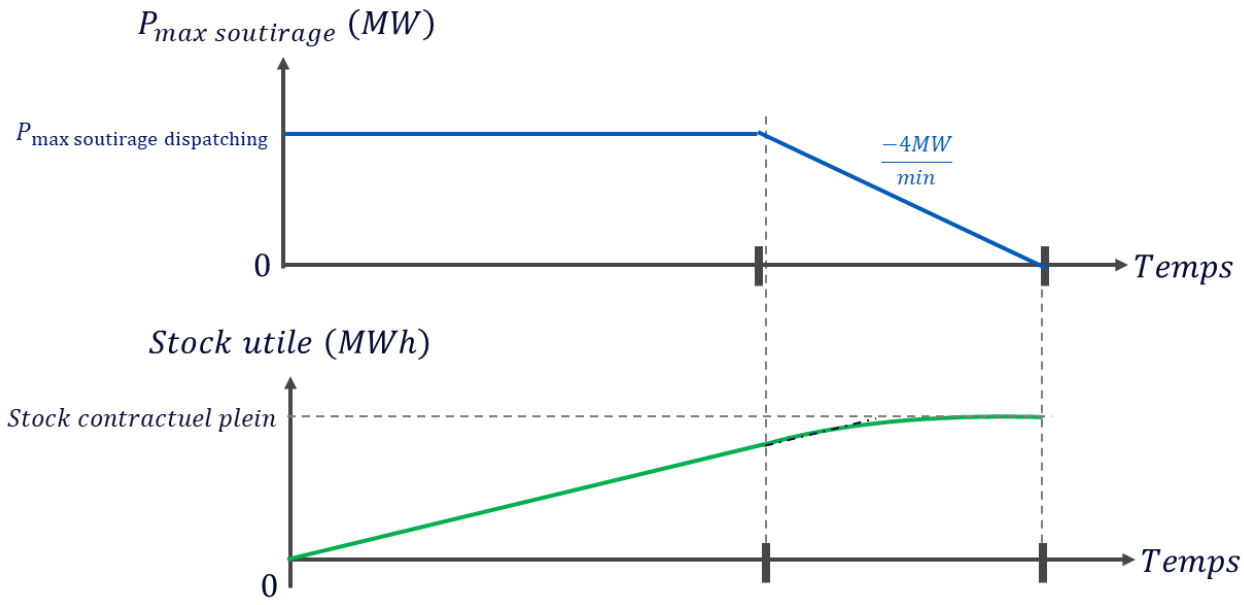


Figure 2 : illustration du derating contractuel lorsque le stockage se charge

SYS-P-007 Lorsque le stockage fonctionne en limite de stock utile (0 % ou 100 %), il doit continuer à respecter les exigences du présent cahier des charges.

SYS-P-007-NOTE Le stock utile, aussi appelé stock contractuel, est défini au PDL du stockage.

NOTE-SYS-P-002 (Pour illustration) A titre d'exemple, les exigences du présent cahier des charges relatives au service de report de charge peuvent être représentées par le schéma de régulation de puissance active au PDL du stockage ci-dessous :

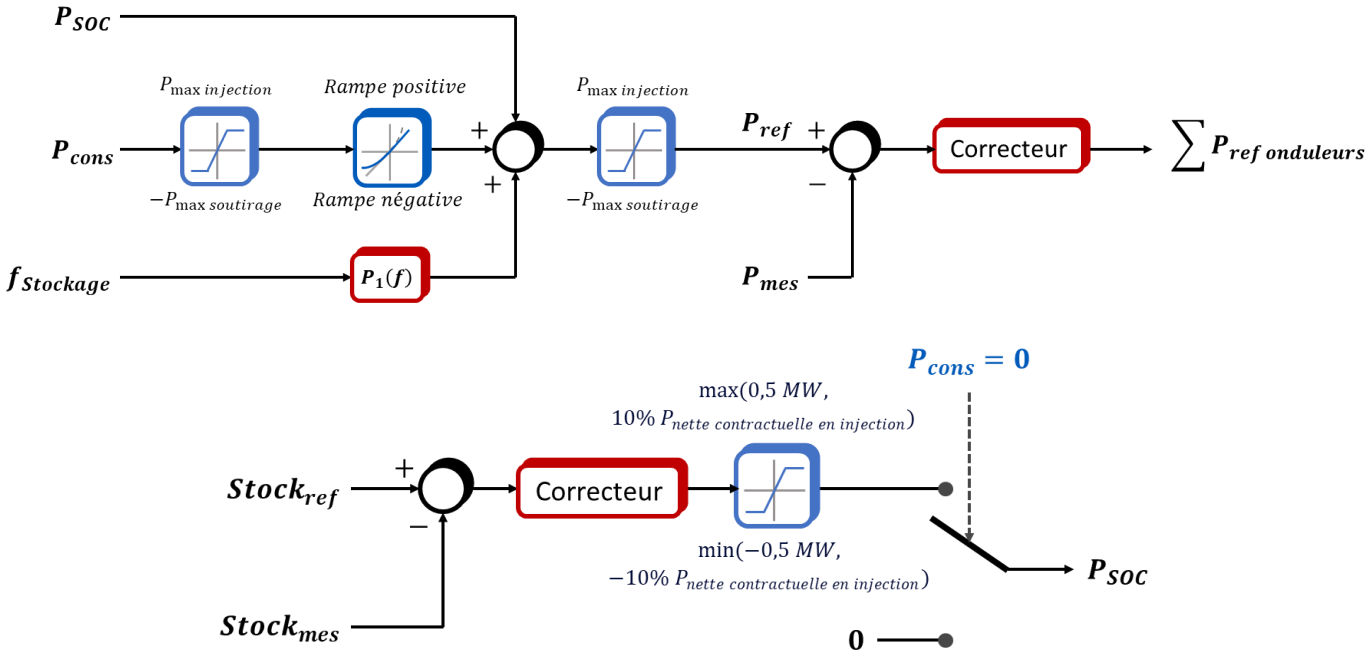


Figure 3 : [pour illustration] représentation sous forme de régulation de puissance active au PDL du stockage des exigences du cahier des charges

Avec :

- P_{mes} : la mesure de puissance active au PDL du stockage
- $Stock_{mes}$: la mesure du stock utile au PDL du stockage
- $Stock_{ref}$: la référence de stock utile au PDL du stockage pour le maintien du stock utile quand $P_{cons} = 0$

SYS-P-008 L'erreur statique ε_s entre P_{ref} et P_{mes} doit être nulle.

NOTE-SYS-P-003 Le service de report de charge est utilisé afin d'optimiser le plan de production du système à différents horizons de temps pouvant aller de l'infra journalier à au-delà de l'horizon hebdomadaire selon les caractéristiques du système de stockage. Il s'agit en particulier de stocker de l'énergie lorsque le coût de production est faible et de la restituer au système, modulo les pertes, lorsque le coût de production est élevé en substitution à un moyen de production plus cher. Le programme de marche (injection et soutirage) résultera du placement optimisé réalisé à divers horizons de temps par le gestionnaire de réseau. A titre illustratif, le stockage sera sollicité en soutirage durant plusieurs heures la nuit ou l'après-midi (coûts de production généralement plus faibles) pour une injection durant plusieurs heures le matin ou le soir (coûts de production généralement plus élevés). L'énergie déchargée sur la journée pourra correspondre à celle d'au moins 1 ou 2 cycles équivalents complets. Plusieurs sollicitations au sein d'une même journée peuvent avoir lieu, notamment lors d'une ré-optimisation du programme d'appel en infra-journalier. L'installation peut également être amenée à ne pas être sollicitée pour du report de charge sur plusieurs jours consécutifs ($P_{cons} = 0$) et devra maintenir le niveau de stock découlant de la dernière sollicitation du gestionnaire de réseau (grâce à sa consigne P_{SOC}).

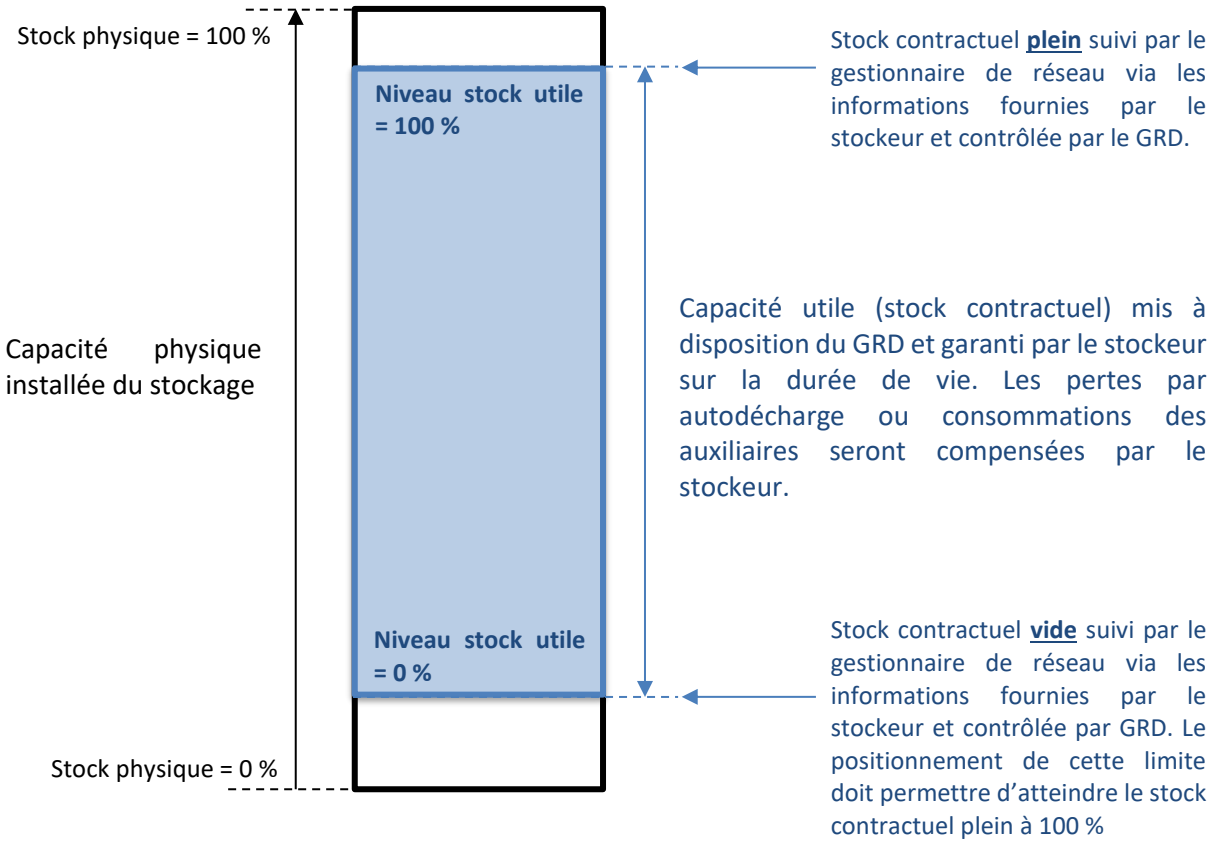


Figure 4 : Illustration de la gestion du stock contractuel

4.2.2. Service de réglage de la tension

SYS-U-001 Le stockage doit avoir la capacité de participer au réglage de la tension suivant trois lois de réglage :

- Tangente phi ;
- Q(U) ;
- Consigne de puissance réactive.

SYS-U-001-NOTE L'exigence **GEN-001** induit avoir la capacité de participer au réglage de la tension suivant les modes de réglage de la norme NF EN 50549-2:2019.

SYS-U-002 Le stockage doit être capable de recevoir et d'appliquer des consignes de choix de la loi de réglage de tension active transmises par le dispatching sous la forme :

- de télé-commande via le lien de télé-conduite,
- de messages collationnés par téléphone.

SYS-U-002-NOTE L'utilisation des messages collationnés servira en cas d'indisponibilité du lien avec le dispatching.

4.2.2.1. Loi tangente phi

SYS-U-003 Le stockage doit disposer d'un mode de réglage de la puissance réactive avec une loi tangente phi.

SYS-U-003-NOTE Lorsque la loi tangente phi est active, la référence de puissance réactive du stockage est $Q_{ref} = consigne\ tangente\ phi \times P_{mes}$

Avec P_{mes} la mesure de puissance active du stockage, elle est positive quand le stockage injecte et négative quand le stockage soutire.

SYS-U-004 Le stockage doit être capable de recevoir et d'appliquer des consignes de tangente phi transmises par le dispatching sous la forme :

- de télé-valeurs de consigne via le lien de télé-conduite,
- de messages collationnés par téléphone.

SYS-U-004-NOTE L'utilisation des messages collationnés servira en cas d'indisponibilité du lien de télé-conduite.

4.2.2.2. Loi Q(U)

SYS-U-005 Le stockage doit disposer d'un mode de réglage de la puissance réactive avec la loi Q(U) ci-dessous :

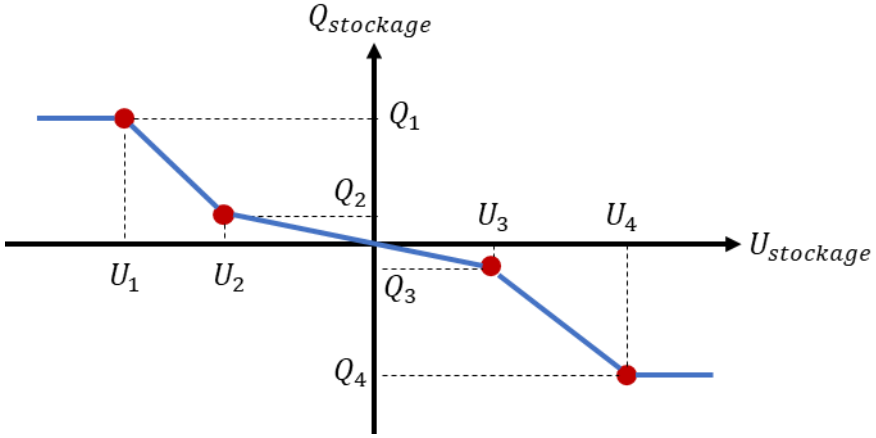


Figure 5 : Loi Q(U) du stockage

Avec : Q_1-U_1, Q_2-U_2, Q_3-U_3 et Q_4-U_4 : les paramètres de la loi Q(U)

Les paramètres de la loi Q(U) du stockage doivent être modifiables à la demande du GRD selon des modalités spécifiées dans le Contrat d'Accès au Réseau (CARD-i) et rappelées dans la convention d'exploitation.

4.2.2.3. Loi consigne de puissance réactive

SYS-U-006 Le stockage doit être capable de recevoir et d'appliquer des consignes de puissance réactive Qcons transmises par le dispatching sous la forme :

- de télé-valeurs de consigne via le lien de télé-conduite,
- de messages collationnés par téléphone.

SYS-U-006-NOTE L'utilisation des messages collationnés servira en cas d'indisponibilité du lien de télé-conduite.

SYS-U-007 Lorsque la tension du stockage atteint la valeur U_{min}, paramétrable sur proposition du stockeur et après validation du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation, il doit limiter son absorption de puissance réactive afin de ramener et maintenir sa tension à U_{min}.

SYS-U-007-NOTE Cette fonctionnalité est appelée « limitation de tension basse ». La valeur de U_{min} doit permettre le non-déclenchement du stockage que ce soit par sa protection de découplage ou par ses protections internes.

La valeur de U_{min} pour la mise en service industrielle sera spécifiée dans la convention de raccordement.

SYS-U-008 Lorsque la tension du stockage atteint la valeur U_{max}, paramétrable sur proposition du stockeur et après validation du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation, il doit limiter son injection de puissance réactive afin de ramener et maintenir sa tension à U_{max}.

SYS-U-008-NOTE Cette fonctionnalité est appelée « limitation de tension haute ». La valeur de U_{max} doit permettre le non-déclenchement du stockage que ce soit par sa protection de découplage ou par ses protections internes.

La valeur de U_{max} pour la mise en service industrielle sera spécifiée dans la convention de raccordement.

4.2.2.4. Performances dynamiques

SYS-U-009 Lorsque le stockage est piloté avec la loi tangente phi et fonctionne à l'intérieur de son diagramme PQ, la réponse dynamique de sa puissance réactive à une variation sous forme d'échelon de sa consigne de tangente phi ou de sa mesure de puissance active doit pouvoir être paramétrée sur les plages ci-dessous et modifiée sur demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation :

- Dépassement maximal D_{max} : 0%.
- Temps de réponse à 5% $t_{r5\%}$: [3 s ; 60 s].

Sauf exigence spécifiée dans la convention de de raccordement, le stockage doit respecter un $t_{r5\%}$ entre 3 s et 5 s lors de sa mise en service industrielle.

SYS-U-010 Lorsque le stockage est piloté avec la loi Q(U) et fonctionne à l'intérieur de son diagramme PQ, la réponse dynamique de sa puissance réactive à une variation sous forme d'échelon de sa mesure de tension doit pouvoir être paramétrée sur les plages ci-dessous et modifiée sur demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation :

- Dépassement maximal D_{max} : 0%.
- Temps de réponse à 5% $t_{r5\%}$: [3 s ; 60 s].

Sauf exigence spécifiée dans la convention de de raccordement, le stockage doit respecter un $t_{r5\%}$ entre 3 s et 5 s lors de sa mise en service industrielle.

SYS-U-011 Lorsque le stockage est piloté avec la loi consigne de puissance réactive et fonctionne à l'intérieur de son diagramme PQ, la réponse dynamique de sa puissance réactive à une variation sous forme d'échelon de sa consigne ou de sa mesure de puissance réactive doit pouvoir être paramétrée sur les plages ci-dessous et modifiée sur demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation :

- Dépassement maximal D_{max} : 0%.
- Temps de réponse à 5% $t_{r5\%}$: [3 s ; 60 s].

Sauf exigence spécifiée dans la convention de de raccordement, le stockage doit respecter un $t_{r5\%}$ entre 3 s et 5 s lors de sa mise en service industrielle.

SYS-U-012 L'erreur statique ε_s entre Q_{ref} et Q_{mes} doit être nulle.

4.2.3. Réglage primaire de fréquence

4.2.3.1. Mode grid following

SYS-F-001 La caractéristique du réglage primaire de fréquence du stockage en mode grid following doit être la suivante :

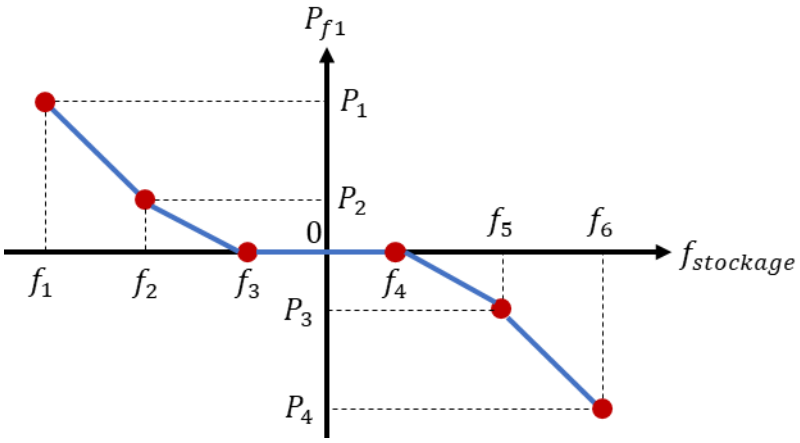


Figure 6 : Caractéristique $P_{f1}(f)$ du réglage primaire de fréquence en mode grid following

Avec :

- P_{f1} : la consigne de puissance active pour le réglage primaire de fréquence
- $f_{stockage}$: la fréquence électrique du stockage
- $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, P_1, P_2, P_3, P_4$: les paramètres de la caractéristique de réglage

Les paramètres de la caractéristique doivent être modifiables sur demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation.

Sauf exigences spécifiques spécifiées dans la convention de raccordement, le paramétrage pour la mise en service industrielle doit être le suivant :

Fréquence (Hz)	P_{f1} (MW)
$f_1 = 49\ Hz$	$P_1 = 2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
$f_2 = 49{,}5\ Hz$	$P_2 = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/2$
$f_3 = 49{,}9\ Hz$	0 MW (bande-morte)
$f_4 = 50{,}1\ Hz$	0 MW (bande-morte)
$f_5 = 50{,}5\ Hz$	$P_3 = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}/2$
$f_6 = 51\ Hz$	$P_4 = -2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$

Tableau 2 : réglage de la caractéristique de réglage primaire de fréquence en mode grid following

SYS-F-001-NOTE La caractéristique de réglage primaire de fréquence en mode grid following combinent les trois services de fréquence du code de réseau européen RfG (Requirements for Generators) :

- **FSM** : pour le réglage des variations faibles à modérées de fréquence $[f_2\ ;\ f_5]$
- **LFSM-U** : avec une pente de réglage plus élevée en cas de fréquence basse $f < f_2$
- **LFSM-O** : avec une pente de réglage plus élevée en cas de fréquence haute $f > f_5$

Le paramétrage $f_1 = 49\ Hz\ ;\ P_1 = 2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ garantit que la référence de puissance active du stockage est à $P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ lorsque la fréquence atteint 49 Hz et ce quelle que soit sa consigne de puissance pour le service de report de charge.

De la même façon, le paramétrage $f_6 = 51\ Hz\ ;\ P_4 = -2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ garantit que la référence de puissance active du stockage est à $P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ lorsque la fréquence atteint 51 Hz et ce quelle que soit sa consigne de puissance pour le service de report de charge.

SYS-F-002 Les performances dynamiques du réglage primaire de fréquence du stockage en mode grid following aux variations de fréquence du réseau, tant que le stockage fonctionne dans la limite de son diagramme PQ, doivent être les suivantes :

- Dépassement maximal D_{max} : $\leq 5\%$
- Temps de réponse à 5% $t_{r5\%}$: $\leq 250\ ms$

SYS-F-002-NOTE Il est rappelé que, comme pour l'ensemble des services demandées, les performances dynamiques du réglage primaire de fréquence du stockage intègrent tout retard pur ou réponse dynamique de ses équipements tels que : réponse dynamique de la mesure de fréquence utilisée par le stockage pour le réglage primaire, temps de cycle et désynchronisation des automates du stockage, etc.

4.2.3.2. Mode grid forming

SYS-F-003 La caractéristique du réglage primaire de fréquence du stockage en mode grid forming doit être la suivante :

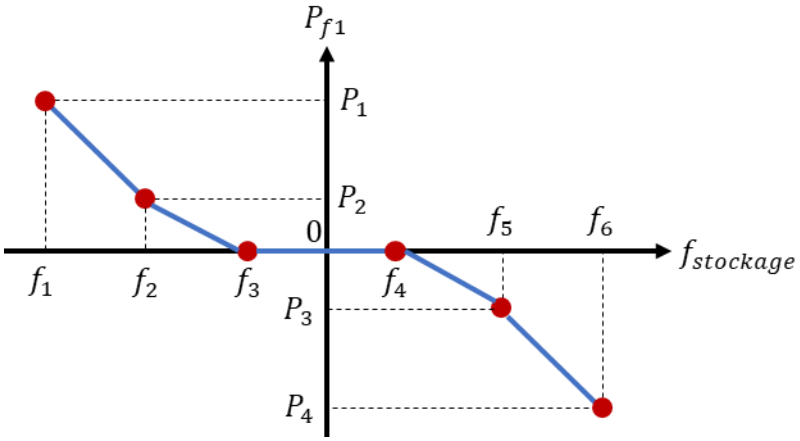


Figure 7 : Caractéristique $P_{f1}(f)$ du réglage primaire de fréquence en mode grid forming

Avec :

- P_{f1} : la consigne de puissance active pour le réglage primaire de fréquence
- $f_{stockage}$: la fréquence électrique du stockage
- $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, P_1, P_2, P_3, P_4$: les paramètres de la caractéristique de réglage

Les paramètres de la caractéristique doivent être modifiables sur demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation.

Sauf exigences spécifiques spécifiées dans la convention de raccordement, le paramétrage pour la mise en service industrielle doit être le suivant :

Fréquence (Hz)	P_{f1} (MW)
$f_1 = 49\ Hz$	$P_1 = 2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
$f_2 = 49{,}5\ Hz$	$P_2 = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/2$
$f_3 = 49{,}9\ Hz$	0 MW (bande-morte)
$f_4 = 50{,}1\ Hz$	0 MW (bande-morte)
$f_5 = 50{,}5\ Hz$	$P_3 = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}/2$
$f_6 = 51\ Hz$	$P_4 = -2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$

Tableau 3 : réglage de la caractéristique de réglage primaire de fréquence en mode grid forming

SYS-F-003-NOTE Cette caractéristique est celle de la régulation au PDL du stockage et non pas celle des onduleurs grid forming. Le paramétrage de la caractéristique de réglage primaire des onduleurs grid forming est de la responsabilité du stockeur.

Le paramétrage $f_1 = 49\ Hz$; $P_1 = 2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ garantit que la référence de puissance active du stockage est à $P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ lorsque la fréquence atteint 49 Hz et ce quelle que soit sa consigne de puissance pour le service de report de charge.

De la même façon, le paramétrage $f_6 = 51\ Hz$; $P_4 = -2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ garantit que la référence de puissance active du stockage est à $P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ lorsque la fréquence atteint 51 Hz et ce quelle que soit sa consigne de puissance pour le service de report de charge.

SYS-F-004 Les performances dynamiques de la fréquence des onduleurs du stockage en mode grid forming aux variations de sa puissance active, tant que le stockage fonctionne dans la limite de son diagramme PQ, doivent pouvoir être modifiées sur demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation sur les plages suivantes :

- Dépassement maximal D_{max} : [0% ;10%]
- Temps de réponse à 5% $t_{r5\%}$: [$\leq 250\ ms$;10 s]

Le paramétrage pour la mise en service industrielle sera proposé par le stockeur et validé par le GRD, puis inscrit dans la convention de raccordement du stockage.

SYS-F-005 Lorsque le stockage atteint sa limite d'injection de puissance active en mode grid forming, il doit :

- Rester synchrone avec le réseau à tout instant ;
- Pour $U \geq 0{,}8\ pu$: maintenir sa puissance d'injection à sa limite
- Pour $U < 0{,}8\ pu$: le mode d'injection de courant de défaut sur creux de tension doit s'appliquer

SYS-F-005-NOTE Il est prévu au moment de la rédaction du présent document que le mode Priorité de la puissance active devienne le mode actif lors des creux de tension.

SYS-F-006 Lorsque le stockage atteint sa limite de soutirage de puissance active en mode grid forming, il doit :

- Rester synchrone avec le réseau à tout instant ;
- Pour $U \geq 0{,}8\ pu$: maintenir sa puissance de soutirage à sa limite
- Pour $U < 0{,}8\ pu$: le mode d'absorption de courant de défaut sur creux de tension doit s'appliquer

SYS-F-006-NOTE Il est prévu au moment de la rédaction du présent document que le mode Priorité de la puissance active devienne le mode actif lors des creux de tension.

NOTE-SYS-F-001 Le synchronisme avec le réseau implique notamment qu'à la suite d'un déséquilibre en puissance active sur le réseau (ex : perte d'un moyen de production, variation de la consommation, variation de la production fatale, etc.) les fréquences des onduleurs du stockage en mode grid forming convergent avec les vitesses des machines synchrones, exprimées en Hz, présentes sur le réseau, ainsi qu'avec la fréquence des autres onduleurs pilotés en mode grid forming.

4.2.3.3. Mesure de fréquence utilisée pour le réglage primaire de fréquence

SYS-F-007 La fréquence utilisée pour le réglage primaire de fréquence ne doit pas être élaborée à partir des mesures de tension simple.

SYS-F-007-NOTE Cette interdiction est justifiée par la volonté de désensibiliser la mesure de la fréquence aux perturbations des tensions simples en cas de défaut monophasé.

4.2.4. Injection et absorption de courant de défaut

SYS-I-001 Lors d'un transitoire de tension, le stockage doit pouvoir injecter ou absorber un courant de court-circuit (Icc) supérieur ou égal à 1 pu sur chacune des phases impactées pendant une durée supérieure ou égale à 1 s.

SYS-I-001-NOTE La valeur de courant de 1 pu est définie sur le point de fonctionnement suivant : fourniture de la puissance nette contractuelle en injection et d'une puissance réactive correspondant à une tangente phi de 0,484 à une tension de 0,8 pu.

SYS-I-002 Le stockage doit respecter les exigences de la norme EN 50549-2, y compris la section « 4.7.4.2.1.2 Modes facultatifs ».

SYS-I-002-NOTE Les exigences sont les mêmes en mode grid following et en mode grid forming

SYS-I-003 En mode « Priorité de la puissance active », le stockage doit être en mesure d'injecter ou d'absorber 95% (temps de réponse à 5%) de son courant actif en moins de 60 ms.

SYS-I-003-NOTE Il est prévu au moment de la rédaction du présent document que le mode Priorité de la puissance active devienne le mode actif.

SYS-I-004 Les paramètres du stockage relatifs à l'injection de courant pendant les creux de tension et à l'absorption de courant pendant les surtensions doivent pouvoir être modifié à la demande du GRD conformément aux modalités définies dans la convention d'exploitation.

Le paramétrage pour la mise en service industrielle sera spécifié dans la convention de raccordement du stockage.

4.3. Tenue aux variations normales et exceptionnelles de la tension et de la fréquence d'exploitation

NOTE-SYS-UF-001 Les seuils et temporisations de ce chapitre correspondent aux exigences des capacités constructives et non pas au réglage des protections de découplage de l'installation qui seront spécifiés dans la convention de raccordement.

4.3.1. Variations normales et exceptionnelles de la tension d'exploitation

SYS-UF-001 Le stockage doit 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 contractuel dans les conditions suivantes de tension :

Plage de tension	Condition d'opération
[0,8 pu – 0,9 pu]	≥ 5 minutes
[0,9 pu – 1,1 pu]	Illimité

Tableau 4 : Tenue aux variations de tension

SYS-UF-001-NOTE En dessous de 0,8 pu les exigences de tenue aux creux de tension s'appliquent (cf. 4.4.2). Au-dessus de 1,1 pu les exigences de tenue aux pics de tension s'appliquent (cf. 4.4.3).

4.3.2. Variations normales et exceptionnelles de la fréquence d'exploitation

SYS-UF-002 Le stockage doit 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 contractuel dans les conditions suivantes de fréquence :

Plage de fréquence	Condition d'opération
< 46 Hz	≥ 0,4 secondes
[46 Hz – 47 Hz]	≥ 60 secondes
[47 Hz – 48 Hz]	≥ 3 minutes
[48 Hz – 52 Hz]	Illimité
> 52 Hz	≥ 5 secondes

Tableau 5 : Tenue aux variations de fréquence

Si le stockage est raccordé au réseau du littoral guyanais, la plage de fréquence « $\leq 46\ Hz$ » doit être remplacée par « $\leq 44\ Hz$ »

SYS-UF-003 La perte maximale de puissance autorisée est de 0%.

4.4. Tenue aux perturbations

NOTE-SYS-UF-002 Les seuils et temporisations de ce chapitre correspondent aux exigences des capacités constructives et non pas au réglage des protections de découplage de l'installation qui seront spécifiés dans la convention de raccordement.

4.4.1. Tenue au ROCOF – (rate of change of frequency)

SYS-UF-004 Le stockage doit rester couplé au réseau et avoir la capacité de fonctionner conformément à son diagramme PQ contractuel sans limite de durée pour toute valeur de ROCOF.

4.4.2. Tenue aux creux de tensions

SYS-UF-005 Le stockage doit rester couplé au réseau tant que la composante directe de la tension au PDL reste supérieure à celle définie dans la courbe tension-temps ci-dessous.

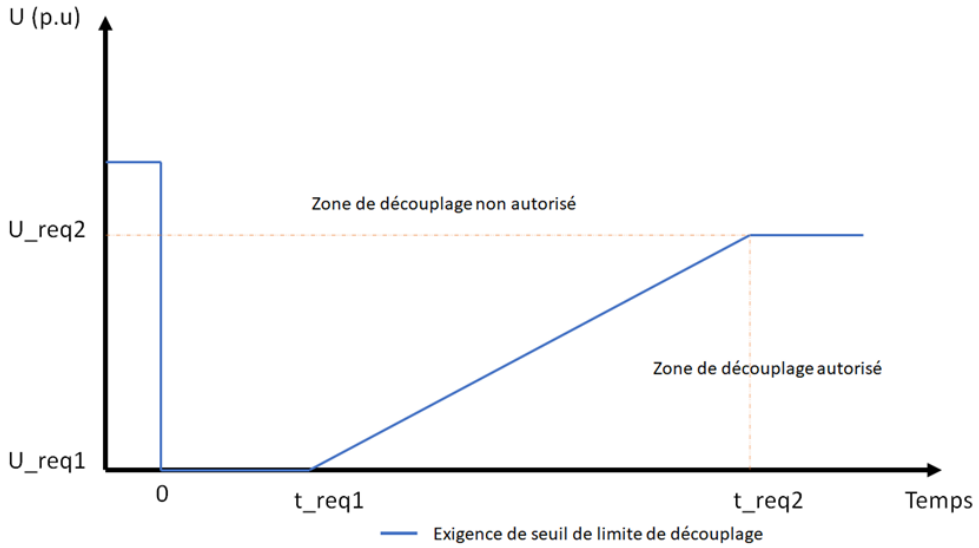


Figure 8 : Capacité de tenue aux creux de tension-Courbe temps/tension

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 6 : Valeurs caractéristiques de la courbe temps/tension de tenue aux creux de tension

SYS-UF-006 Une fois que la composante directe de la tension au PDL aura réintégré la plage [0,8 pu – 1,1 pu], le stockage doit de revenir à sa référence de puissance active avec les performances dynamiques suivantes :

- En mode grid following : **SYS-F-002**
- En mode grid forming : **SYS-F-004**

4.4.3. Tenue aux pics de tensions

SYS-UF-007 Le stockage doit respecter les exigences de la section « 4.5.4 Tenue aux pics de tension (OVRT - over-voltage ride through) » de la norme NF EN 50549-2:2019.

4.5. Qualité de l'électricité

NOTE-SYS-002 Les exigences relatives à la qualité de l'électricité sont incluses dans les normes et standards de référence dont le respect est exigé au travers de l'exigence **GEN-001**.

4.6. Dimensionnement électrique

4.6.1. Dimensionnement en puissance active et en énergie

ELC-001 Le stockeur doit garantir les caractéristiques suivantes :

- *Puissance d'injection :* la puissance nette contractuelle en injection doit être définie à la centaine de kW près.
- *Puissance de soutirage :* la puissance nette contractuelle en soutirage doit être égale à la puissance nette contractuelle en injection, et doit être définie à la centaine de kW près.
- *Stock utile :* la puissance nette contractuelle en injection doit pouvoir être maintenue de façon continue durant au moins deux heures.
- *Nombre de cycles équivalents complets :* le stockeur doit être capable de réaliser un nombre de cycles équivalents complets annuel supérieur ou égal à 500. Chaque année, le gestionnaire de réseau pourra solliciter le stockage dans la limite de 125% du nombre de cycles équivalents complets annuel. Le nombre de cycles équivalent complet depuis la première année de mise en service doit être inférieur au nombre d'années écoulées fois le nombre de cycles équivalent complet annuel contractuel.

ELC-002 La réserve primaire maximale valorisable pour le réglage de fréquence du stockage est de 12 MW.

ELC-003 Le stockage ne doit pas avoir de contraintes de charge/décharge sur l'enchaînement des cycles de charges décharges.

ELC-004 Lorsque le stockage a atteint la limite annuelle de nombre de cycles équivalents complets :

- il ne doit plus réaliser les services de report de charge et de réglage primaire de fréquence ;
- il doit continuer à réaliser le service de réglage de la tension.

ELC-004-NOTE Le stockeur peut s'il le souhaite mettre le stockage en configuration STATCOM en déconnectant les batteries des onduleurs de son installation.

NOTE-ELC-001 A titre indicatif, pour justifier les coûts d'instruction, de suivi, de pilotage et de contrôle des performances, un dimensionnement unitaire supérieur à 5 MW pour toutes les installations et 10 MWh pour les installations proposant le report de charge apparait adapté.

NOTE-ELC-002 Les conditions de raccordement pour la valorisation du service de réserve sont précisées dans la section 5.2 du présent cahier des charges.

ELC-005 Le stockeur doit s'engager sur un niveau de rendement avec et sans ses auxiliaires sur toute la durée de vie de l'installation. Ce rendement est évalué au point de livraison.

ELC-006 Le stockeur doit s'engager sur toute la durée de vie de l'installation sur les caractéristiques définies dans la délibération CRE N°2026-121.

4.6.2. Capacités en réactif

ELC-007

Le stockage doit pouvoir fonctionner dans le diagramme PQ ci-dessous (surface remplie bleue), y compris en limite de celui-ci, sans limite de durée.

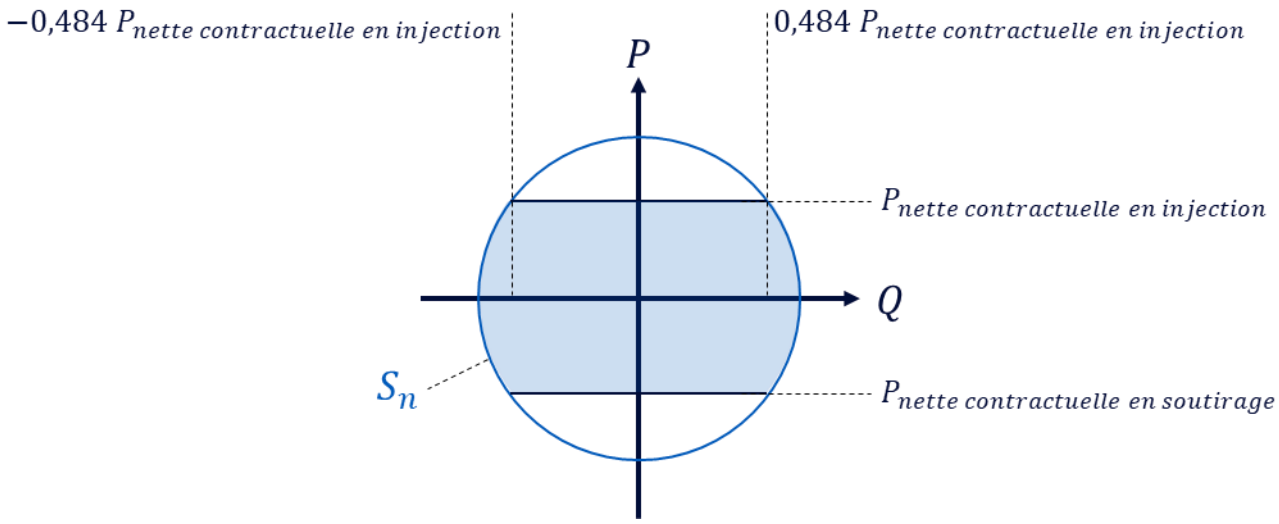


Figure 9 : Diagrammes PQ du stockage

Le stockeur doit fournir au GRD les pleines capacités en réactif de son installation dans la limite des tensions internes minimales et maximales permettant son fonctionnement sans limite de durée.

Le diagramme UQ minimal du stockage doit être le suivant :

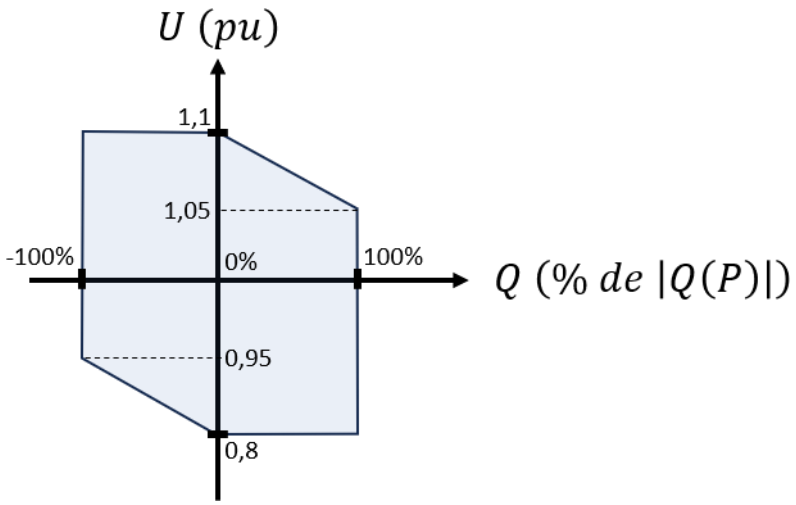


Figure 10 : diagramme UQ minimal du stockage

Avec : $|Q(P)|$ les valeurs absolues des valeurs positive et de la valeur négative du contour du diagramme PQ du stockage pour le point de fonctionnement en puissance active considéré.

ELC-007-NOTE

A titre d'illustration, pour un stockage de 12 MW et Sn = $\sqrt{12^2 + (0{,}484 \times 12)^2} = 13{,}3\ MVA$, pour le point de fonctionnement P = 6 MW, les valeurs positive et négative du diagramme PQ sont $\pm\sqrt{13{,}3^2 - 6^2} = \pm 11{,}9\ Mvar$.

Leurs valeurs absolues sont donc égales et valent 11,9 Mvar et les valeurs de Q en % du diagramme UQ correspondent à des % de 11,9 Mvar.

Ainsi :

- Pour $U = 1{,}05\ pu$, on peut injecter 11,9 Mvar et absorber 11,9 Mvar
- Pour $U = 1{,}1\ pu$, on peut injecter 0 Mvar et absorber 11,9 Mvar
- Pour $U = 0{,}95\ pu$, on peut injecter 11,9 Mvar et absorber 11,9 Mvar

- Pour $U = 0{,}8\,pu$, on peut injecter 11,9 Mvar et absorber 0 Mvar

ELC-008 En dehors de la plage de tension [0,8 pu ; 1,1 pu], le stockeur doit mettre à disposition du GRD les pleines capacités en réactif du stockage dans la limite de son courant nominal

ELC-009 Le courant nominal doit pouvoir être maintenu sans limite de durée.

5. Raccordement et environnement

5.1. Environnement et normes

GEN-006 Le stockeur doit respecter les normes techniques et environnementales, les textes en vigueur ainsi que les spécificités géographiques du climat et de la faune de la zone considérée.

5.2. Raccordement de l'installation pour la valorisation des services

GEN-007 Le stockage doit être raccordé au réseau public de distribution d'électricité.

GEN-008 Le stockage doit être raccordé sur un départ direct ou un départ dédié production (i.e. n'alimentant que de la production ou du stockage) depuis le poste source le plus proche pour pouvoir prétendre à une valorisation de son service de réglage primaire de fréquence.

GEN-009 Le stockage ne doit pas être raccordé sur un poste source en antenne structurelle HTB (i.e. alimentée par une seule ligne HTB en schéma normal d'exploitation) ou sur un poste source dont l'alimentation HTB présente une contrainte en soutirage ou en injection pour pouvoir prétendre à une valorisation de son service de réglage primaire de fréquence

GEN-009-NOTE Des informations relatives au caractère favorable des zones de raccordement et aux antennes structurelles HTB sont précisées en open-data.

5.3. Protections et comportement sur défaut

NOTE-GEN-001 Le stockeur devra démontrer à minima au travers des simulations sa conformité aux exigences attendues avant la mise en service industriel de son installation.

Un contrôle continu de performance sera réalisé par le gestionnaire pendant toute la durée d'exploitation de l'installation. En cas d'écarts avec les prescriptions, les modalités contractuelles en termes de pénalisation et conditions de remise en conformité seront définies dans le contrat liant le stockeur à l'Acheteur.

6. Télé-conduite du stockage

6.1. Général

TLC-001 Le stockage doit respecter le référentiel SEI REF 06-S (à publier).

TLC-002 Le stockage doit être interfacé avec les outils de conduite du système électrique au travers d'un dispositif d'échange d'informations et d'exploitation qui sera installé dans le local Point de Livraison de l'installation.

TLC-003 Le stockage doit pouvoir être piloté :

- par le GRD via un dispositif d'échange d'informations et d'exploitation ;
- par le stockeur sur consigne du GRD via message collationné.

NOTE-TLC-001 Un ensemble documentaire constitué notamment des éléments suivants sera fourni à chaque porteur de projet lauréat :

- La table de d'interopérabilité IEC 61850 du dispositif d'échange d'informations et d'exploitation et le cahier de test protocolaire
- Le plan des télé-informations à échanger entre le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation et le poste asservi (PA). Ce plan pourra faire l'objet de mise à jour sur la durée de vie du projet.
- Le cahier de test usine protocolaire IEC 61850 lors des essais de mise en service de l'installation.
- La matrice des flux pour les échanges entre l'installation et le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation

TLC-004 Le plan de télé-information doit pouvoir être modifié à la demande du gestionnaire de réseau au cours de la durée de vie du projet.

TLC-005 Des tests points à points doivent être réalisés, à la charge du stockeur, pour chaque télé-information échangée entre le contrôle-commande local et les équipements de conduite du dispatching au travers du dispositif d'échange d'informations et d'exploitation, et ce avant la mise en service de l'équipement.

NOTE-TLC-002 Les modalités de facturation des prestations EDF à la charge du stockeur pour réaliser ces tests seront précisées dans la Proposition Technique et Financière.

6.2. Protocole de communication

TLC-006 Le stockage doit être connecté au dispositif d'échange d'informations et d'exploitation en protocole IEC 61850- via une liaison dédiée. Les échanges devront également intégrer la norme IEC 61850.

TLC-006-NOTE Les informations échangées avec le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation et le SCADA/EMS du dispatching seront celles nécessaires à la conduite telles que définies par le gestionnaire de réseau.

TLC-007 Le stockeur doit enregistrer et historiser localement l'ensemble des informations associées au stockage avec un historique d'au moins 10000 lignes d'évènements.

6.3. Support de communication

TLC-008 Le stockeur doit mettre en place un support de communication entre le stockage et le réseau informatique industriel d'EDF SEI. Cette voie de communication doit disposer des caractéristiques ci-dessous :

- Si le stockage est raccordé sur un départ direct : lien fibre optique dédié, tiré entre le stockage et le poste source de raccordement. EDF SEI intégrera dans le devis de raccordement le coût du câblage par fibre optique à

l'occasion des travaux de raccordement électrique, qui fera partie intégrante de l'offre de raccordement de référence.

- Si le stockage est raccordé sur tout autre type de départ : le type de support de communication sera précisé dans le devis de raccordement et fera partie intégrante de l'offre de raccordement de référence.

6.3.1. Interface avec le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation

TLC-009 Le stockeur doit réserver un espace suffisant dans le PDL pour l'installation du dispositif d'échange d'informations et d'exploitation. Une alimentation secourue vis-à-vis du réseau électrique doit être prévue par le stockeur.

TLC-010 L'interface du stockage doit comporter une voie physique (port Ethernet) et une voie logique avec le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation

TLC-011 Le port d'administration du stockage doit être dédié à l'administration par le stockeur et être dissocié des ports utilisés le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation

.

NOTE-TLC-003 Des précisions techniques supplémentaires seront apportées aux stockeurs lauréats du guichet.

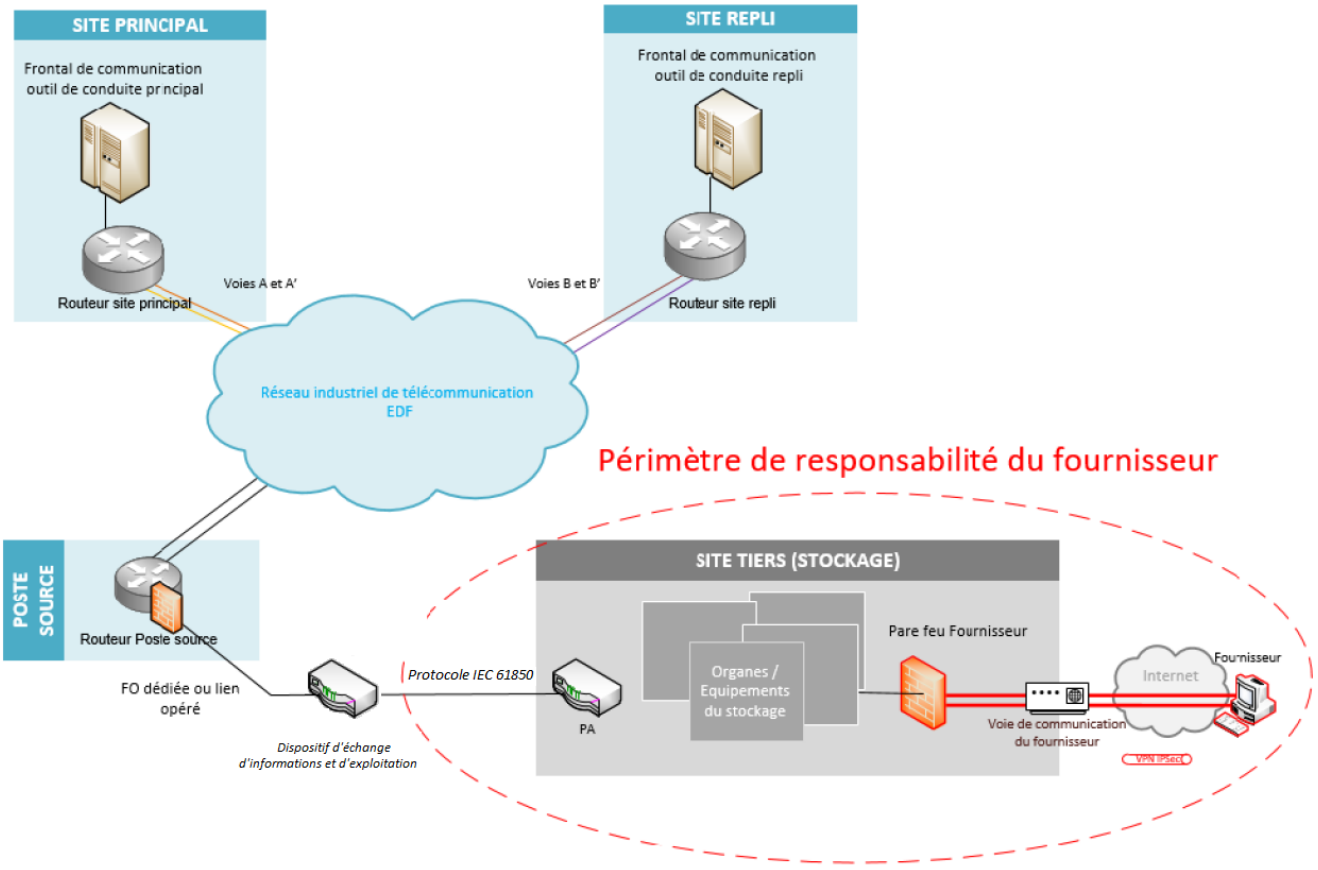


Figure 11 : Schéma de l'architecture de communication

6.3.2. Sécurisation des communications

TLC-012 L'architecture mise en place doit respecter les préconisations de l'ANSSI en matière d'informatique industrielle et de cybersécurité.

6.3.3. Echanges d'informations

TLC-013 Le stockeur doit mettre à disposition les informations du stockage nécessaires au pilotage en temps réel, ainsi qu'au suivi contractuel de la disponibilité et des performances de l'installation.

TLC-013-NOTE La liste des télé-informations (y compris tous les éléments liés à la sécurité du système, les alarmes & autodiagnostics, l'état de charge etc.) à échanger avec le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation sera définie dans la convention de raccordement.

7. MODÉLISATION NUMÉRIQUE

7.1. Modèles PowerFactory

SIM-001 Le Titulaire doit fournir deux modèles du stockage, compatibles et validés avec PowerFactory 2023 :

- Un modèle représentatif du stockage pour le mode de simulation dynamique RMS déséquilibré
- Un modèle représentatif du stockage pour le mode de simulation dynamique instantané (EMT)

SIM-001-COM La partie contrôle-commande sous forme d'éléments DSL de ces modèles peut être cryptée.

SIM-002 Chaque modèle doit pouvoir être paramétré :

- En mode grid following
- En mode grid forming

SIM-003 Chaque modèle doit être représentatif du stockage :

- 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, de stock utile (0% et 100%).

SIM-004 Chaque modèle doit 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)

SIM-005 Chaque modèle doit être initialisé de façon à éviter tout transitoire préalable à l'application d'évènements de simulation.

SIM-006 Chaque modèle doit être fourni avec le set de paramètres du solver de PowerFactory pour les simulations dynamiques permettant d'obtenir le meilleur compromis entre la précision des résultats et la durée des simulations.

SIM-007 Chaque paramètre de chaque modèle exerçant une influence sur les performances du stockeur ayant été spécifiées dans ce cahier des charges doit être modifiable par le GRD.

7.2. Manuel utilisateur

SIM-008 Le stockeur doit fournir un manuel utilisateur contenant pour chaque modèle :

- Le synoptique de l'architecture de puissance du stockage, intégrant les filtres des onduleurs de tension
- Les synoptiques détaillés des fonctions de contrôle-commande onduleur et de pilotage au PDL du stockage 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, et d'état de charge ;

- 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 et aux protections onduleur ;
- Les domaines de validité des modèles.

SIM-008-COM Le domaine de validité d'un modèle correspond aux plages des variables physiques et de contrôle-commande, ainsi que les types d'évènement, pour lesquels son comportement est représentatif de celui du stockage.

7.3. Dossier de simulation

SIM-009 Le stockeur doit fournir au GRD au moins 3 semaines avant la date de visée de mise sous tension :

- Les modèles numériques ;
- Leur manuel utilisateur ;
- Le dossier de simulation contractuel sera fourni en annexe de la convention de raccordement

SIM-009-NOTE Une version préliminaire de ce dossier de simulation est fournie en annexe 1.

SIM-010 Si le comportement des modèles n'est pas conforme aux critères de validation des simulations, le PDL du stockage ne sera pas mis sous tension par le GRD.

7.4. Mise à jour

SIM-011 Le stockeur doit réaliser la mise à jour des modèles, du dossier de simulation et du manuel utilisateur en cas d'écart significatif constaté par le GRD entre le comportement les modèles et le comportement du stockage lors des essais de mise en service ou pendant le fonctionnement connecté au réseau.

8. Essais et Mise en service industriel (MSI)

NOTE-ESS-001 Une description détaillée des tests de réception qui devront être réalisés sera communiquée au stockeur par le gestionnaire de réseau lors de l'élaboration du contrat.

Ils seront effectués par le stockeur en collaboration étroite avec le gestionnaire de réseau et seront à la charge financière du stockeur. Cette recette devra permettre de vérifier le bon fonctionnement du système de stockage et son adéquation au cahier des charges.

8.1. Essais

NOTE-ESS-002 Des essais sur le stockage devront être réalisés avant sa mise en service industrielle.

NOTE-ESS-003 Les modalités de facturation des prestations EDF à la charge du stockeur pour réaliser ces essais seront précisées dans la Proposition Technique et Financière.

8.1.1. Essais télé-conduite

NOTE-ESS-004 La validation de la télé-conduite et du dispositif d'échange d'informations et d'exploitation des installations de stockage est réalisée grâce à une série de tests usine (FAT) et sur site (SAT).

8.1.1.1. Test usine (FAT)

NOTE-ESS-005 La qualification de la bonne communication entre l'installation de stockage, le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation et l'outil de conduite sera réalisée via des tests pour la validation protocolaire entre l'outil de conduite et le poste asservi au travers du dispositif d'échange d'informations et d'exploitation qui seront présentés au stockeur dans un cahier de tests avant la mise en service de l'installation.

Ces tests ont pour objectifs de :

- valider l'établissement de la communication entre l'outil de conduite, le dispositif d'échange d'informations et d'exploitation, et l'installation,
- valider les tests point à point des télé-informations attendues,
- et valider les tests de redondance (changement de voie, changement de site de conduite).

NOTE-ESS-006 Le porteur de projet lauréat pourra solliciter une réunion téléphonique auprès d'EDF SEI pour s'assurer de la bonne compréhension du document.

Des tests de connexion devront être réalisés en plate-forme usine avant l'installation sur site. Ces tests seront à la charge financière du stockeur.

8.1.1.2. Test sur site (SAT)

NOTE-ESS-007 La réalisation des tests sur site (SAT) est conditionnée à la validation des tests en plate-forme usine (FAT).

NOTE-ESS-008 La SAT comprend l'ensemble des tests prévus dans le cadre des tests usine. Des essais supplémentaires seront spécifiés dans les cas suivants :

- perte d'alimentation provenant du réseau,
- tests des commandes de protection,
- et résilience des services attendus par le stockage après la perte du lien de télé-conduite

NOTE-ESS-009 Les tests sur site seront à la charge du stockeur.

8.1.2. Essais système avant la mise en service industriel

ESS-001 Le stockeur doit réaliser à ses frais les essais système et fournir pour validation des performances par le GRD le rapport contenant les informations précisées en annexe 2 du présent cahier des charges

ESS-002 Le contrat d'achat ne pourra prendre effet qu'après validation des performances par le GRD.

ESS-002-NOTE Les fiches essais contractuelles seront fournies dans la convention de raccordement. Une version préliminaire de ces fiches est fournie en annexe 2.

8.1.3. Conformité du stockage aux exigence du cahier des charges

ESS-003 Il ne sera pas procédé à une vérification systématique de l'intégralité des performances avant la mise en service industriel. Néanmoins si le gestionnaire de réseau constate (sur aléa ou essai spécifique), au cours de la durée de vie du stockage, que ses performances ne respectent pas les exigences du présent cahier des charges, le stockeur devra se mettre en conformité dans un délai convenu avec le GRD ne pouvant excéder six mois. Un contrôle de performance à la charge du stockeur pourra alors être réalisé sur la base d'un devis remis par le GRD. En cas d'écart persistant, le gestionnaire pourra suspendre le contrat d'accès au réseau.

ESS-004 Pour pouvoir prononcer la MSI de l'installation, le stockeur doit fournir au GRD un recueil de performances du stockage dans lequel seront précisées les divers paramétrages implantés en vue de l'exploitation.

8.2. Mise en service industriel

NOTE-ESS-010 La validation de l'ensemble des essais décrit au paragraphe précédent est une des conditions préalables à la mise en service industriel de l'installation.

9. Contrôle des performances

NOTE-ESS-011 Le système de stockage devra se conformer aux normes, lois et règlements en vigueur sur le territoire concerné par le projet, ainsi qu'aux normes et référentiels de EDF SEI disponibles sur le site institutionnel de EDF SEI du territoire.

Les performances qui pourront être contrôlées par le gestionnaire de réseau seront décrites dans le contrat le liant au stockeur.

De manière générale, le stockeur pourra être contrôlé sur :

- La disponibilité de son installation en puissance d'injection, de soutirage et en énergie ;
- Le respect des consignes d'injection ou de soutirage envoyées depuis de dispatching ;
- La consommation de ses auxiliaires ;
- Le respect de la loi de régulation de fréquence lors d'une sollicitation en fourniture de réserve : temps de réponse, puissance injectée/soutirée, suivi de la loi de régulation, etc. ;
- Le respect des prescriptions en termes de capacité d'absorption et fourniture de réactif et de régulation de tension ;

Le respect des performances en termes de tenue sur creux de tension et tenue sur variations de tension et de fréquence.

10. Annexe 1 : Dossier de simulation

10.1. Exigences générales des fiches de performances par simulation

10.1.1. Modèles numériques du stockage

FICHE-SIM-GEN-001 Chaque simulation doit être réalisée avec chaque modèle numérique du stockage ci-dessous, sauf explicitement spécifié dans la fiche de simulation concernée :

- Grid following RMS ;
- Grid following EMT ;
- Grid forming RMS ;
- Grid forming EMT.

FICHE-SIM-GEN-001-NOTE Les résultats des modèles EMT feront référence et permettront de valider pour quel type de simulation les modèles RMS sont utilisables.

Un tableau récapitulatif des simulations à réaliser par le stockeur est fourni ci-dessous :

N° simulation	N° fiche	Type modèle	Mode pilotage onduleurs
1	1	RMS	Grid forming
2	1	EMT	Grid forming
3	2	RMS	Grid forming
4	2	RMS	Grid following
5	2	EMT	Grid forming
6	2	EMT	Grid following
7	3	RMS	Grid forming
8	3	RMS	Grid following
9	3	EMT	Grid forming
10	3	EMT	Grid following
11	4	RMS	Grid forming
12	4	RMS	Grid following
13	4	EMT	Grid forming
14	4	EMT	Grid following
11	5	RMS	Grid forming
12	5	RMS	Grid following
13	5	EMT	Grid forming
14	5	EMT	Grid following
15	6	RMS	Grid forming
16	6	RMS	Grid following

17	6	EMT	Grid forming
18	6	EMT	Grid following
15	7	RMS	Grid forming
16	7	RMS	Grid following
17	7	EMT	Grid forming
18	7	EMT	Grid following
19	8	RMS	Grid forming
20	8	EMT	Grid forming

Tableau 7 : tableau de synthèse des simulations à réaliser par le stockeur

FICHE-SIM-GEN-002 Le stock utile du stockage doit être initialisé à 50% pour toutes les simulations.

10.1.2. Logiciel de simulation

FICHE-SIM-GEN-003 La version 2023 de PowerFactory doit être utilisée.

10.1.3. Fourniture du modèle PowerFactory utilisé pour réaliser le dossier de simulation

FICHE-SIM-GEN-004 Le stockeur doit fournir au GRD le modèle PowerFactory (fichier PFD) utilisé pour réaliser les fiches de simulation.

FICHE-SIM-GEN-005 Le stockeur doit utiliser un seul modèle PowerFactory (fichier PFD) pour réaliser l'ensemble des fiches de simulation.

FICHE-SIM-GEN-006 Le modèle du stockeur doit disposer d'un cas d'étude (study case) pour chaque simulation permettant, lorsqu'il est activé, de retrouver les résultats présentés dans le dossier de simulation en exécutant la simulation sans devoir modifier préalablement les paramètres du modèle.

FICHE-SIM-GEN-007 Les cas d'étude doivent être classés dans des dossiers, avec un dossier par fiche de simulation qui inclura les cas d'étude pour chaque modèle grid following/grid forming et RMS/EMT.

10.1.4. Export des résultats au format CSV

FICHE-SIM-GEN-008 Pour chaque fiche de simulation, les signaux demandés doivent être exportés avec la fonction export de PowerFactory avec le paramétrage suivant :

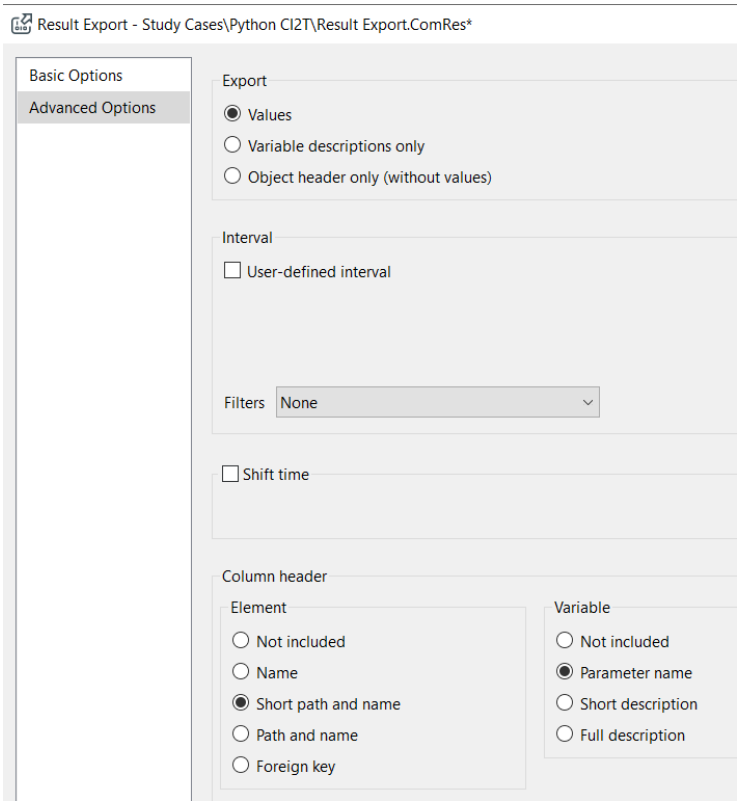


Figure 12 : paramètres d'export des signaux de simulation au format CSV

10.1.5. Résultats communs à toutes les fiches

FICHE-SIM-GEN-009 Pour chaque simulation, les enregistrements des signaux temporels ci-dessous doivent être fournis au format CSV au pas de temps de la simulation, incluant des phases de régime permanent d'au moins 1 seconde avant et après les évènements de simulation :

Résultats PDL

Puissance active (MW)

- Consigne de puissance active
- Référence de puissance active
- Mesure de puissance active

Puissance réactive (Mvar)

- Consigne de puissance réactive
- Référence de puissance réactive
- Mesure de puissance réactive

Tension (kV) : mesure de tension

Fréquence (Hz)

- fréquence issue du contrôle-commande des onduleurs
- fréquence utilisée par la régulation primaire de fréquence au PDL du stockage

Courants (kA) : mesure de courant efficace par phase

Stock utile (%) : stock utile

FICHE-SIM-GEN-009-NOTE Le stockeur est libre de fournir des signaux temporels supplémentaires qu'il juge utile à l'analyse des résultats. Ceux-ci doivent être inclus dans le même fichier CSV.

FICHE-SIM-GEN-010 Pour chaque simulation, les résultats suivants seront présentés sous forme de graphes avec légendes, les échelles des courbes étant adaptées aux amplitudes des signaux et les échelles de temps aux phénomènes dynamiques d'intérêt. Des graphes supplémentaires zoomés devront être ajoutés s'ils sont nécessaires à l'analyse de la simulation.

Résultats PDL

Figure 1 : Puissance active (MW)

- Consigne de puissance active
- Référence de puissance active
- Mesure de puissance active

Figure 2 : Puissance réactive (Mvar)

- Consigne de puissance réactive
- Référence de puissance réactive
- Mesure de puissance réactive

Figure 3 : Tension (kV) : mesure de tension

Figure 4 : Fréquence (Hz) :

- fréquence issue du contrôle-commande des onduleurs
- fréquence utilisée par la régulation primaire de fréquence au PDL du stockage

FICHE-SIM-GEN-010-NOTE Le stockeur est libre de fournir des graphes supplémentaires qu'il juge utile à l'analyse des résultats.

FICHE-SIM-GEN-011 Pour chaque figure intégrant les résultats d'une boucle de régulation, le temps de réponse 5%, le dépassement maximum et l'erreur statique seront indiqués directement sur la figure.

10.1.6. Tolérance sur les critères de conformité

FICHE-SIM-GEN-012 Pour les fiches de simulation présentant des critères de conformité relatif au temps de réponse 5% et au dépassement maximum, ces critères sont considérés conformes si :

- La moyenne des écarts entre les temps de réponse 5 % $t_{r5\%}$ et les dépassements maximaux D_{max} comparativement aux performances spécifiées est inférieure à 10 % ;
- Le maximum des écarts entre les temps de réponse 5 % $t_{r5\%}$ et les dépassements maximaux D_{max} comparativement aux performances spécifiées est inférieure à 20 % ;

10.1.7. Modèle de Réseau

FICHE-SIM-GEN-013 Le modèle du réseau à utiliser pour le dossier de simulation est le suivant. Il est décliné dans chaque fiches de simulation.

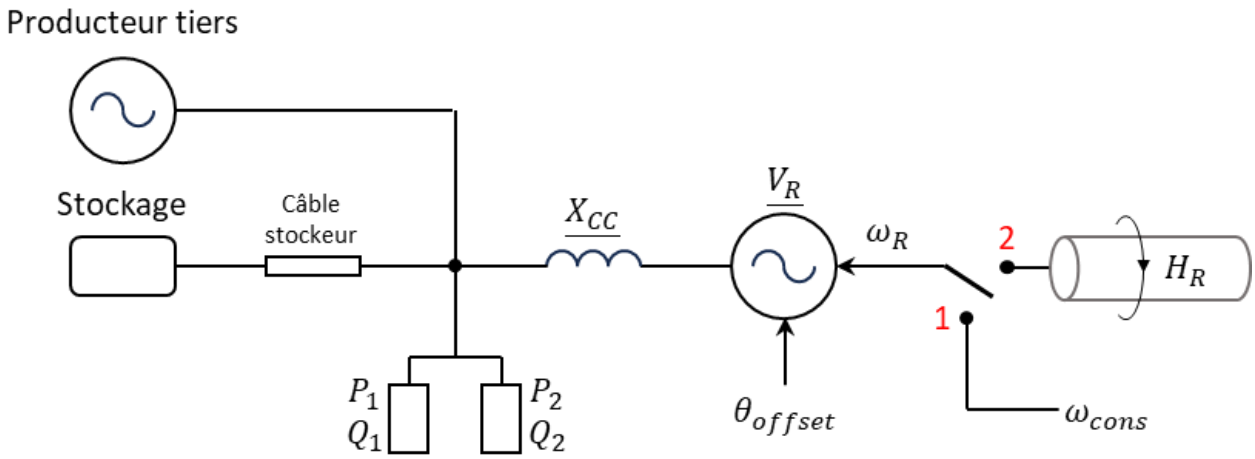


Figure 13 : modèle du réseau

Avec :

- X_{cc} : l'impédance de court-circuit à considérer, ramenée à la demi-rame HTA du poste source sur lequel se raccorde le stockeur
- $Câble\ stockeur$: les caractéristiques du câble qui relie le stockage au poste source
- Le producteur tiers est un injecteur PQ constant

FICHE-SIM-GEN-013-NOTE Les données permettant de modéliser X_{cc} et le câble stockeur seront fournies dans la convention de raccordement du stockeur.

FICHE-SIM-GEN-014 Le modèle détaillé à utiliser pour la source de tension Vr est le suivant :

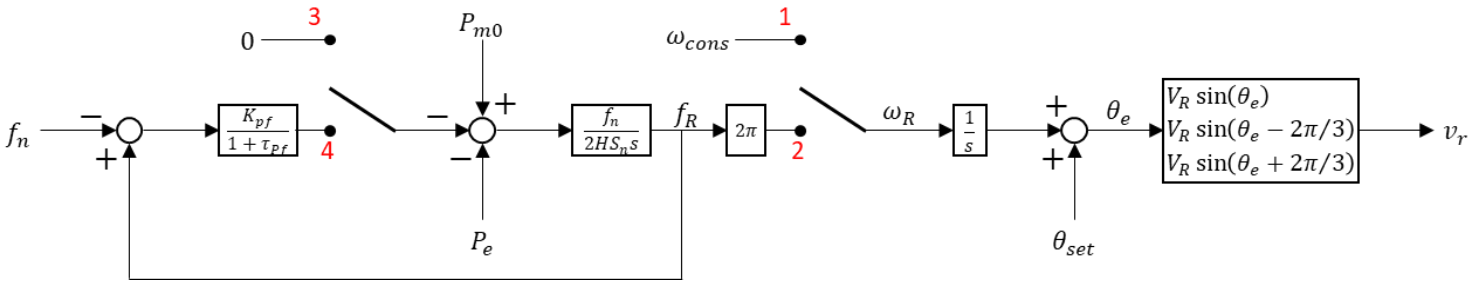


Figure 14 : modèle détaillé de la source de tension Vr

Avec :

- k_{Pf} : énergie réglante primaire
- τ_{Pf} : constante de temps du réglage primaire
- $P_{mo} = P_{e0}$: puissance active de la source de tension Vr lors de l'initialisation des simulations
- $f_n = 50\ Hz$: fréquence nominale
- H : constante d'inertie
- S_n : puissance apparente nominale de la source de tension Vr

FICHE-SIM-GEN-014-NOTE Les valeurs des paramètres ci-dessous seront fournies dans la convention de raccordement du stockeur :

- k_{Pf}
- τ_{Pf}
- H
- S_n

10.1.8. Paramétrage des services du stockeur

FICHE-SIM-GEN-015 Les paramètres et performances indiqués ci-dessous doivent être utilisés pour les fiches de simulation.

FICHE-SIM-GEN-015-NOTE Ces paramètres ont été fixés à des fins d'illustration des performances par simulation et ne préjugent pas des paramètres qui seront spécifiés dans la convention de raccordement.

Loi Q(U) :

- Caractéristiques de réglage :

Tension (pu)	Puissance réactive (Mvar)
$U_1 = 0{,}9$	$Q_1 = 0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
$U_2 = 0{,}95$	$Q_2 = 0$
$U_3 = 1{,}05$	$Q_3 = 0$
$U_4 = 1{,}1$	$Q_4 = -0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$

- Performances dynamiques :
  - $t_{r5\%} = 5\ s$
  - Rappel : $D_{max} = 0\ \%$

Loi consigne de puissance réactive :

- Rampe sur les consignes de Q_{cons} : désactivée
- Limitation de tension haute et basse :
  - $U_{haute} = 1{,}08\ pu$
  - $U_{min} = 0{,}9\ pu$
- Performances dynamiques :
  - $t_{r5\%} = 5\ s$
  - Rappel : $D_{max} = 0\ \%$

Régulation primaire de fréquence :

Caractéristiques de réglage :

Fréquence (Hz)	P_{f1} (MW)
$f_1 = 49\ Hz$	$P_1 = 2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
$f_2 = 49{,}5\ Hz$	$P_2 = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/2$
$f_3 = 49{,}9\ Hz$	0 MW (bande-morte)
$f_4 = 50{,}1\ Hz$	0 MW (bande-morte)
$f_5 = 50{,}5\ Hz$	$P_3 = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}/2$
$f_6 = 51\ Hz$	$P_4 = -2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$

Le paramétrage $f_1 = 49\ Hz$; $P_1 = 2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ garantit que la référence de puissance active du stockage est à $P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ lorsque la fréquence atteint 49 Hz et ce quelle que soit sa consigne de puissance pour le service de report de charge.

De la même façon, le paramétrage $f_6 = 51\ Hz$; $P_4 = -2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ garantit que la référence de puissance active du stockage est à $P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ lorsque la fréquence atteint 51 Hz et ce quelle que soit sa consigne de puissance pour le service de report de charge.

Performances dynamiques du réglage primaire de fréquence en mode grid forming :

- $t_{r5\%} \leq 1\ s$
- $D_{max} \leq 5\%$

Performances dynamiques du réglage primaire de fréquence en mode grid following :

- $t_{r5\%} \leq 0{,}25\ s$
- $D_{max} \leq 5\%$

10.2.Fiche n°1 : Réponse à un saut de phase en mode grid forming

10.2.1. Objectif

NOTE-FICHE-SIM_1-001 L'objectif de fiche n°1 est de vérifier que le stockage en mode grid forming est capable de faire varier sa puissance active en réponse à un saut de phase sans retard ni temps de réponse induit par son contrôle-commande.

Cette simulation doit être uniquement réalisée avec les modèles grid forming RMS et EMT.

10.2.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau

FICHE-SIM_1-001 Le paramétrage du modèle de réseau doit être le suivant :

- **Producteur tiers :** le groupe producteur tiers est déconnecté ;
- **Charges :** les charges 1 et 2 sont déconnectées ;
- **Vr :**
  - $V_R = 1{,}025\ pu$;
  - Le sélecteur pour ω_R doit être sur 1 (ω_{cons}) ;
  - $\omega_{cons} = 1\ pu$

FICHE-SIM_1-001-NOTE le modèle de réseau résultant de ce paramétrage est le suivant :

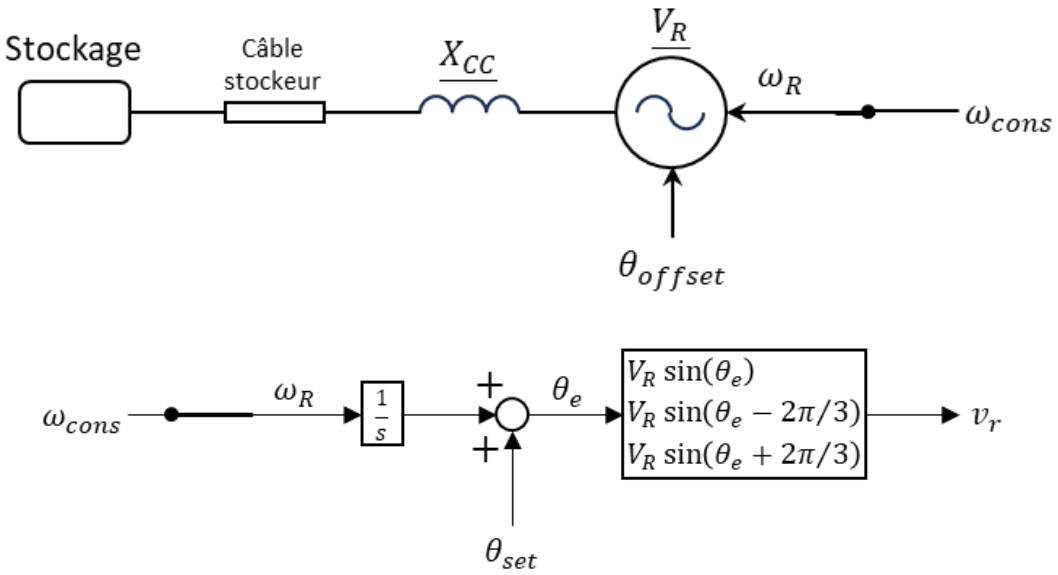


Figure 15 : modèle réseau pour la fiche 1

10.2.3. Paramétrage spécifique du stockage

FICHE-SIM_1-002 Le stockage doit être paramétré de la façon suivante :

- $P_{cons} = 0\ MW$;
- $P_{SOC} = 0\ MW$;
- Mode de pilotage : grid forming
- Réglage de tension : loi Q(U)

10.2.4. Scénario de simulation

FICHE-SIM_1-003 L'évènement suivant doit être simulé : échelon négatif de l'angle θ_{offset} de sorte que la valeur maximale de la puissance active du stockage pendant le transitoire soit d'environ 50% de sa puissance maximale.

10.2.5. Résultats

FICHE-SIM_1-004 Cf. 10.1.5 « Résultats communs à toutes les fiches ».

10.2.6. Critères de conformité

FICHE-SIM_1-005 Le stockage doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

FICHE-SIM_1-006 Le stockage doit injecter de la puissance active en réponse à l'échelon de θ_{offset} sans retard ni temps de réponse induit par son contrôle-commande.

FICHE-SIM_1-007 Le stockage doit stabiliser sa puissance active à sa valeur initiale $(0\ MW)$.

FICHE-SIM_1-008 Le stockage doit respecter les performances de sa loi Q(U).

10.3.Fiche n°2 : Réponse à un échelon de fréquence

10.3.1. Objectif

NOTE-FICHE-SIM_2-001 L'objectif de fiche n°2 est de vérifier les performances dynamiques du stockage en réponse à un échelon de fréquence. Les résultats de cette fiche seront comparés à la fiche n°3 des essais systèmes.

10.3.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau

FICHE-SIM_2-001 Le paramétrage du modèle de réseau doit être le suivant :

- **Producteur tiers :** le groupe producteur tiers est déconnecté ;
- **Charges :** les charges 1 et 2 sont déconnectées ;
- **Vr :**
  - $V_R = 1{,}025\ pu$;
  - Le sélecteur pour ω_R doit être sur 1 (ω_{cons}) ;
  - $\omega_{cons} = 1\ pu$

FICHE-SIM_2-001-NOTE le modèle de réseau résultant de ce paramétrage est le suivant :

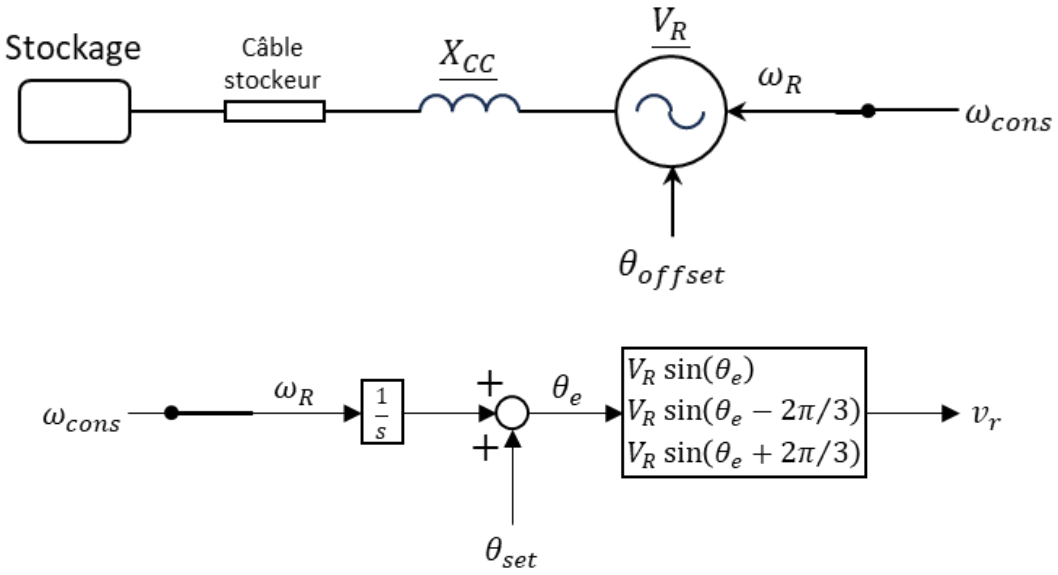


Figure 16 : modèle réseau pour la fiche 1

10.3.3. Paramétrage spécifique du stockage

FICHE-SIM_2-002 Le stockage doit être paramétré de la façon suivante :

- $P_{cons} = 0\ MW$;
- $P_{SOC} = 0\ MW$;
- Réglage de tension : loi Q(U)

10.3.4. Scénario de simulation

FICHE-SIM_2-003 Les évènements suivant doivent être simulés au cours de la même simulation :

- échelon négatif de ω_{cons} à 0,99 pu ; soit une fréquence de 49,5 Hz ;
- échelon positif de ω_{cons} à 1,01 pu ; soit une fréquence de 50,5 Hz ;

10.3.5. Résultats

FICHE-SIM_2-004 Cf. 10.1.5 « Résultats communs à toutes les fiches ».

10.3.6. Critères de conformité

FICHE-SIM_2-005 Le stockage doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

FICHE-SIM_2-006 Le stockage doit respecter les performances de son réglage primaire de fréquence.

FICHE-SIM_2-007 Le stockage doit respecter les performances de sa loi Q(U).

10.4.Fiche n°3 : Réponse à la perte d'un groupe sans atteinte de la limitation de puissance active du stockage

10.4.1. Objectif

NOTE-FICHE-SIM_3-001 L'objectif de la fiche n°3 est de vérifier le comportement en puissance active et en fréquence du stockage en réponse à la perte d'un producteur tiers sur le réseau, sans que le stockage n'atteigne sa limitation d'injection de puissance active.

10.4.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau

FICHE-SIM_3-001 Le paramétrage du modèle de réseau doit être le suivant :

- **Producteur tiers :**
  - $P = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/2$;
  - $Q = 0\ Mvar$;
- **Charges :** les charges 1 et 2 sont déconnectées ;
- **Vr :**
  - $V_R = 1{,}025\ pu$;
  - Le sélecteur pour ω_R doit être sur 2 ;
  - Le sélecteur du réglage primaire de fréquence doit être sur 4 (réglage activé) ;
  - La fréquence initiale est de 50 Hz : $\omega_R = 1\ pu$.

FICHE-SIM_3-001-NOTE le modèle de réseau résultant de ce paramétrage est le suivant :

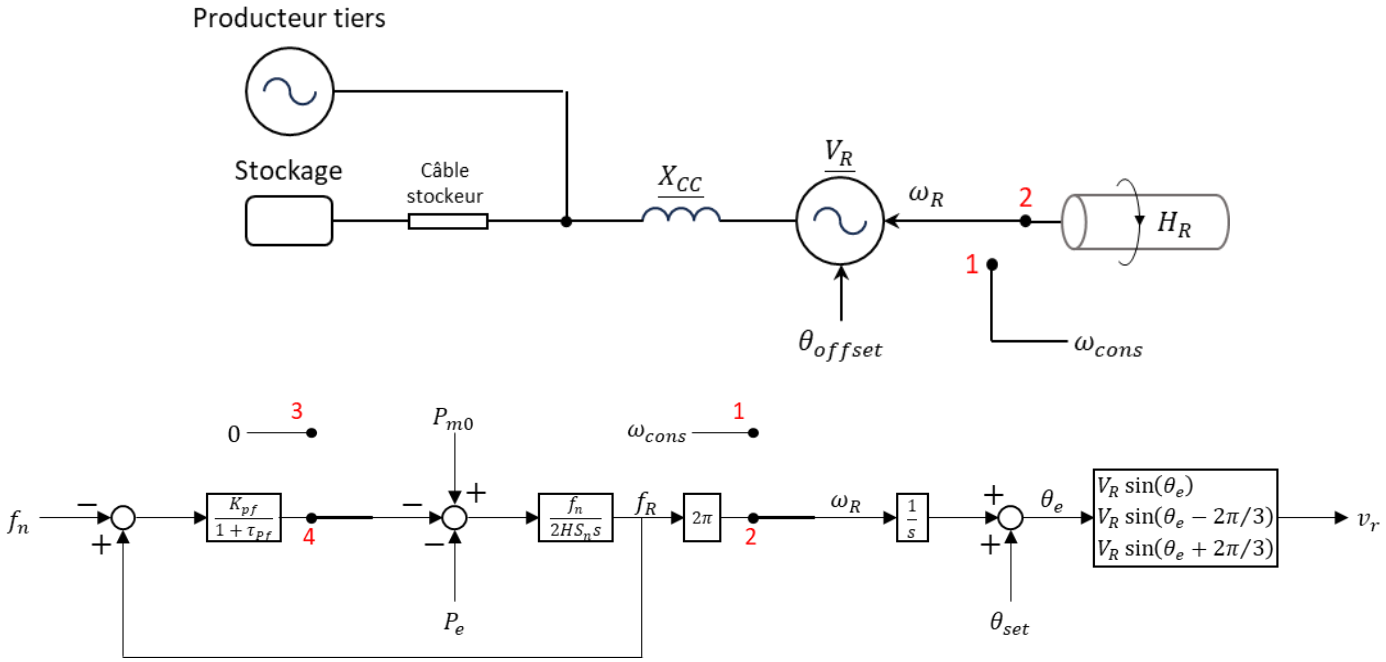


Figure 17 : modèle réseau pour la fiche 2

10.4.3. Paramétrage spécifique du stockage

FICHE-SIM_3-002 Le stockage doit être paramétré de la façon suivante :

- $P_{cons} = 0\ MW$;

- $P_{SOC} = 0\ MW$;
- Réglage de tension : loi Q(U)

10.4.4. Scénario de simulation

FICHE-SIM_3-003 L'évènement suivant doit être simulé : découplage du producteur tiers.

10.4.5. Résultats

FICHE-SIM_3-004 Cf. 10.1.5 « Résultats communs à toutes les fiches ».

10.4.6. Critères de conformité

FICHE-SIM_3-005 Le stockage doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

FICHE-SIM_3-006 [mode grid forming uniquement] Le stockage doit injecter de la puissance active en réponse à la perte du producteur tiers sans retard ni temps de réponse induit par son contrôle-commande.

FICHE-SIM_3-007 Le stockage doit respecter les performances de son réglage primaire de fréquence.

FICHE-SIM_3-008 Le stockage doit respecter les performances de sa loi Q(U).

10.5. Fiche n°4 : Réponse à la perte d'un groupe avec atteinte de la limitation de puissance active du stockage et nécessité d'un report de charge vers Vr

10.5.1. Objectif

NOTE-FICHE-SIM_4-001 L'objectif de la fiche n°4 est de vérifier le comportement en puissance active et en fréquence du stockage suite à la perte d'un producteur tiers sur le réseau. Cette perte entraînant l'atteinte de la limitation d'injection de puissance active du stockage et la nécessité d'un report de charge du stockage vers la source de tension Vr.

10.5.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau

FICHE-SIM_4-001 Le paramétrage du modèle de réseau doit être le suivant :

- **Producteur tiers :**
  - $P =$ puissance entraînant lors de la perte du producteur un report de charge sur le stockage suffisante pour activer sa limite d'injection de puissance active et faire baisser sa tension au PDL du stockage en-dessous de 0,8 pu ;
  - $Q = 0\ Mvar$;
- **Charges :** les charges 1 et 2 sont déconnectées ;
- **Vr :**
  - $V_R = 1{,}025\ pu$;
  - Le sélecteur pour ω_R doit être sur 2 ;
  - Le sélecteur du réglage primaire de fréquence doit être sur 4 (réglage activé) ;
  - La fréquence initiale est de 50 Hz : $\omega_R = 1\ pu$.

FICHE-SIM_4-001-NOTE le modèle de réseau résultant de ce paramétrage est le suivant :

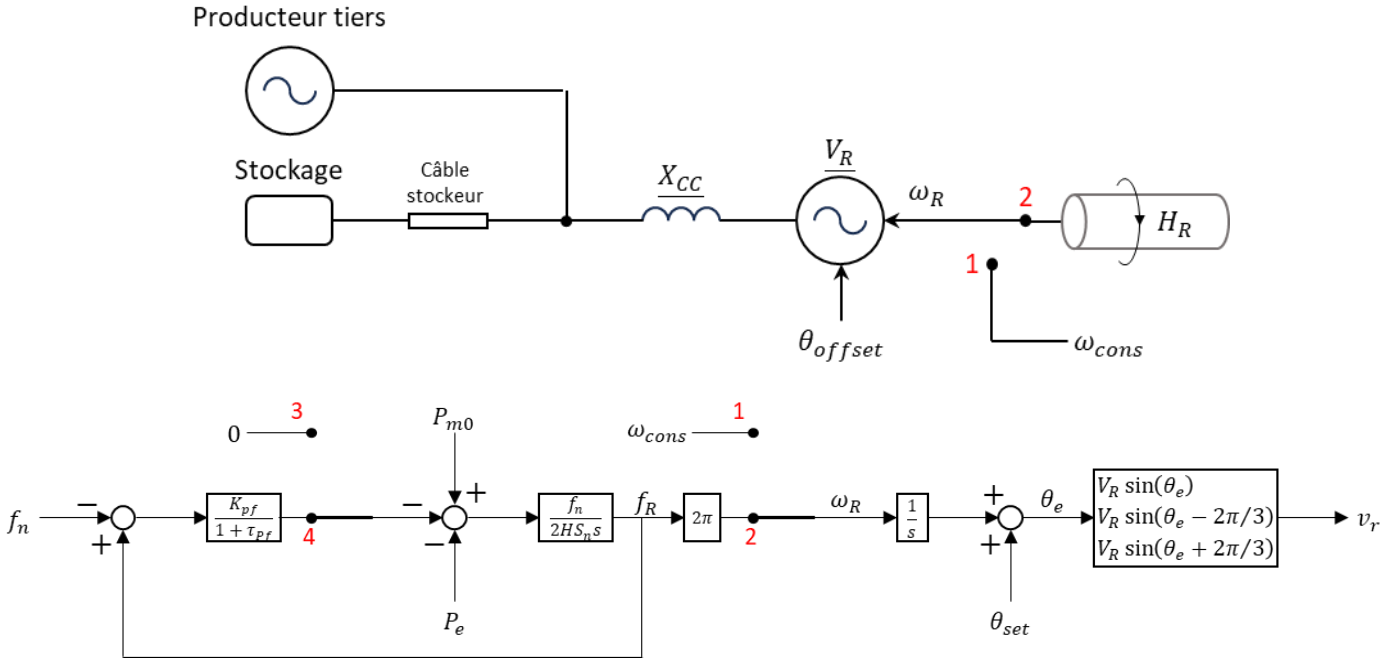


Figure 18 : modèle réseau pour la fiche 3

10.5.3. Paramétrage spécifique du stockage

FICHE-SIM_4-002 Le stockage doit être paramétré de la façon suivante :

- $P = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/2$;
- Réglage de tension : loi Q(U)

10.5.4. Scénario de simulation

FICHE-SIM_4-003 L'évènement suivant doit être simulé : découplage du producteur tiers.

10.5.5. Résultats

FICHE-SIM_4-004 Cf. 10.1.5 « Résultats communs à toutes les fiches ».

10.5.6. Critères de conformité

FICHE-SIM_4-005 Le stockage doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

FICHE-SIM_4-006 [mode grid forming uniquement] Le stockage doit injecter de la puissance active en réponse à la perte du producteur tiers sans retard ni temps de réponse induit par son contrôle-commande.

FICHE-SIM_4-007 Le stockage doit atteindre sa limite d'injection de puissance active installée pendant la simulation.

FICHE-SIM_4-008 Le stockage doit respecter les performances de son réglage primaire de fréquence.

FICHE-SIM_4-009 Le stockage doit respecter les performances de sa loi Q(U).

10.6. Fiche n°5 : Réponse à la perte d'un groupe avec atteinte de la limitation de puissance active du stockage et nécessité d'activer un cran de délestage

10.6.1. Objectif

NOTE-FICHE-SIM_5-001 L'objectif de la fiche n°5 est de vérifier le comportement en puissance active et en fréquence du stockage suite à la perte d'un producteur tiers sur le réseau. Cette perte entraînant l'atteinte de la limitation d'injection de puissance active du stockage et la nécessité d'activer un cran de délestage.

10.6.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau

FICHE-SIM_5-001 Le paramétrage du modèle de réseau doit être le suivant :

- **Producteur tiers :**
  - $P =$ puissance entraînant lors de la perte du producteur un report de charge sur le stockage suffisant pour activer sa limite d'injection de puissance active et faire baisser sa tension au PDL du stockage en-dessous de 0,8 pu ;
  - $Q = 0\ Mvar$;
- **Charges :**
  - $P_1 = P_2 =$ puissances entraînant lors de la perte du producteur un report de charge sur le stockage suffisant pour activer sa limite d'injection de puissance active et faire baisser sa tension au PDL du stockage en-dessous de 0,8 pu ;
  - $Q_1 = Q_2 = 0{,}15\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$;
  - La charge 1 est délestée lorsque la fréquence est inférieure à 47Hz pendant au moins 200 ms ;
  - La charge 2 est délestée lorsque la fréquence est inférieure à 46,5 Hz pendant au moins 200 ms ;
  - Les charges 1 et 2 doivent être modélisées en mode PQ constantes (pas de dépendance à la tension ni à la fréquence) ;
- **Vr :**
  - $V_R = 1{,}025\ pu$;
  - Le sélecteur pour ω_R doit être sur 2 ;
  - Le sélecteur du réglage primaire de fréquence doit être sur 3 (réglage désactivé) ;
  - La fréquence initiale est de 50 Hz : $\omega_R = 1\ pu$.

FICHE-SIM_5-001-NOTE le modèle de réseau résultant de ce paramétrage est le suivant :

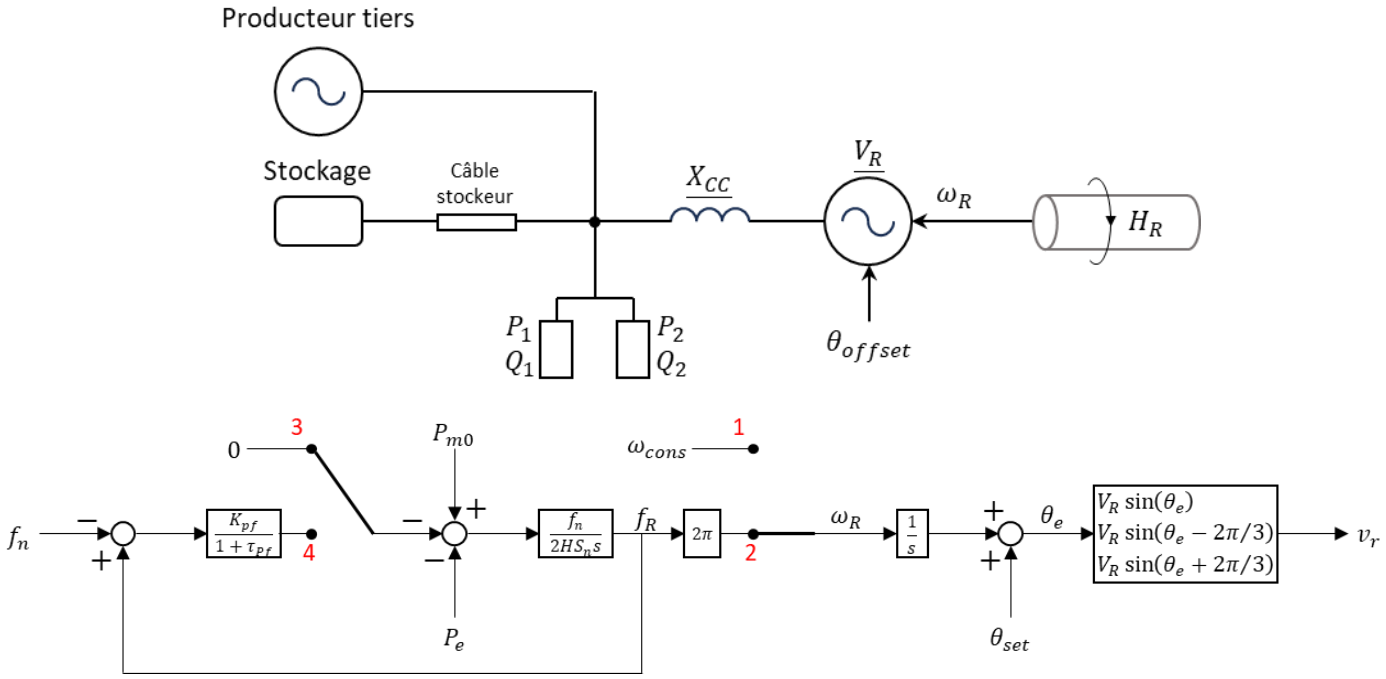


Figure 19 : modèle réseau pour la fiche 4

10.6.3. Paramétrage spécifique du stockage

FICHE-SIM_5-002 Le stockage doit être paramétré de la façon suivante :

- $P_{cons} = 0{,}99\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$;
- Réglage de tension : loi Q(U)

10.6.4. Scénario de simulation

FICHE-SIM_5-003 L'évènement suivant doit être simulé : découplage du producteur tiers.

10.6.5. Résultats

FICHE-SIM_5-004 Cf. 10.1.5 « Résultats communs à toutes les fiches ».

10.6.6. Critères de conformité

FICHE-SIM_5-005 Le stockage doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

FICHE-SIM_5-006 [mode grid forming uniquement] Le stockage doit injecter de la puissance active en réponse à la perte du producteur tiers sans retard ni temps de réponse induit par son contrôle-commande.

FICHE-SIM_5-007 [mode grid forming uniquement] Le stockage doit atteindre sa limite d'injection de puissance active installée pendant la simulation.

FICHE-SIM_5-008 [mode grid forming uniquement] Le stockage doit respecter les exigences de fonctionnement en limitation d'injection de puissance active.

FICHE-SIM_5-009 la charge 1 doit être délestée pendant la simulation et la charge 2 doit rester connectée pendant toute la durée de la simulation.

FICHE-SIM_5-010 Le stockage doit respecter les performances de son réglage primaire de fréquence.

FICHE-SIM_5-011 Le stockage doit respecter les performances de sa loi Q(U).

10.7.Fiche n°6 : Loi consigne de puissance réactive

10.7.1. Objectif

NOTE-FICHE-SIM_6-001 L'objectif de la fiche n°6 est de vérifier la conformité de la loi consigne de puissance réactive du stockage, y compris en limite de tension haute et basse.

10.7.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau

FICHE-SIM_6-001 Le paramétrage du modèle de réseau doit être le suivant :

- **Producteur tiers :** le groupe producteur tiers est déconnecté ;
- **Charges :** les charges 1 et 2 sont déconnectées ;
- **Vr :**
  - $V_R = 1{,}025\ pu$;
  - Le sélecteur pour ω_R doit être sur 1 (ω_{cons}) ;
  - $\omega_{cons} = 1\ pu$

FICHE-SIM_6-001-NOTE le modèle de réseau résultant de ce paramétrage est le suivant :

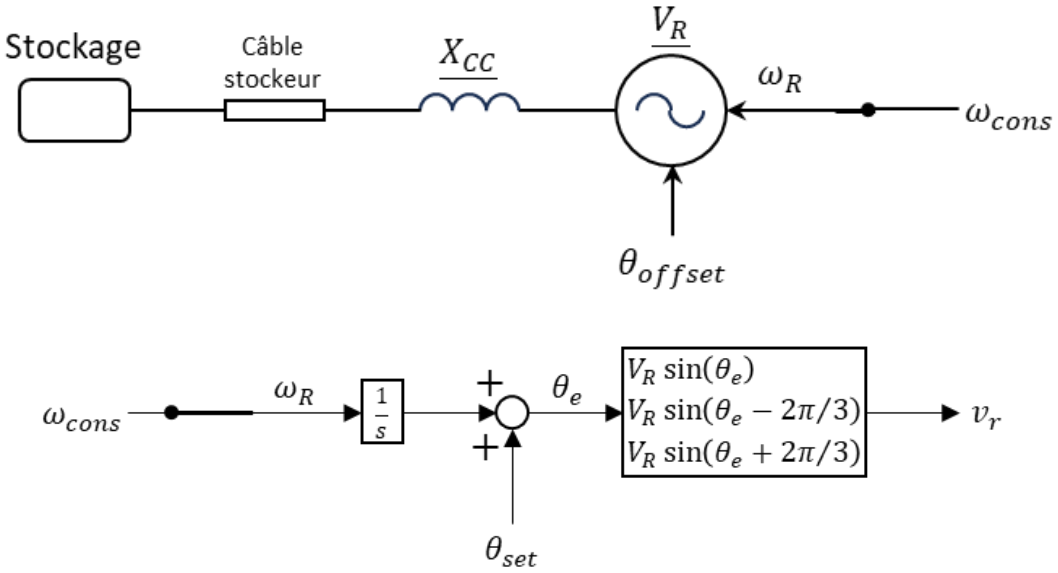


Figure 20 : modèle réseau pour la fiche 5

10.7.3. Paramétrage spécifique du stockage

FICHE-SIM_6-002 Le stockage doit être paramétré de la façon suivante :

- $P_{cons} = 0$;
- Réglage de tension : loi consigne de puissance réactive avec $Q_{cons} = 0$

10.7.4. Scénario de simulation

FICHE-SIM_6-003 Les évènements ci-dessous doivent être simulés au cours de la même simulation avec un régime permanent d'au moins 1 s entre les évènements.

Evènement n°1 :

- $P_{cons} = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
- $Q_{cons} = 0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
- $V_R = 1{,}025\ pu$

Evènement n°2 :

- $P_{cons} = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
- $Q_{cons} = 0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
- Passage à $V_R = 1{,}1\ pu$ sous forme d'échelon

Evènement n°3 :

- $P_{cons} = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
- $Q_{cons} = -0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
- $V_R = 1{,}025\ pu$ sous forme d'échelon

Evènement n°4 :

- $P_{cons} = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$
- $Q_{cons} = -0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
- $V_R = 1{,}025\ pu$

Evènement n°5 :

- $P_{cons} = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$
- $Q_{cons} = -0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
- $V_R = 0{,}9\ pu$ sous forme d'échelon

10.7.5. Résultats

FICHE-SIM_6-004 Cf. 10.1.5 « Résultats communs à toutes les fiches ».

10.7.6. Critères de conformité

FICHE-SIM_6-005 Le stockage doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

FICHE-SIM_6-006 Le stockage doit respecter les performances de sa loi consigne de puissance réactive

10.8.Fiche n°7 : Courts-circuits polyphasés

10.8.1. Objectif

NOTE-FICHE-SIM_7-001 L'objectif de la fiche n°7 est de vérifier le comportement du stockage sur court-circuit.

10.8.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau

FICHE-SIM_7-001 Le paramétrage du modèle de réseau doit être le suivant :

- **Producteur tiers :** le groupe producteur tiers est déconnecté ;
- **Charges :** les charges 1 et 2 sont déconnectées ;
- **Vr :**
  - $V_R = 1{,}025\ pu$;
  - Le sélecteur pour ω_R doit être sur 1 (ω_{cons}) ;
  - $\omega_{cons} = 1\ pu$

FICHE-SIM_7-001-NOTE le modèle de réseau résultant de ce paramétrage est le suivant :

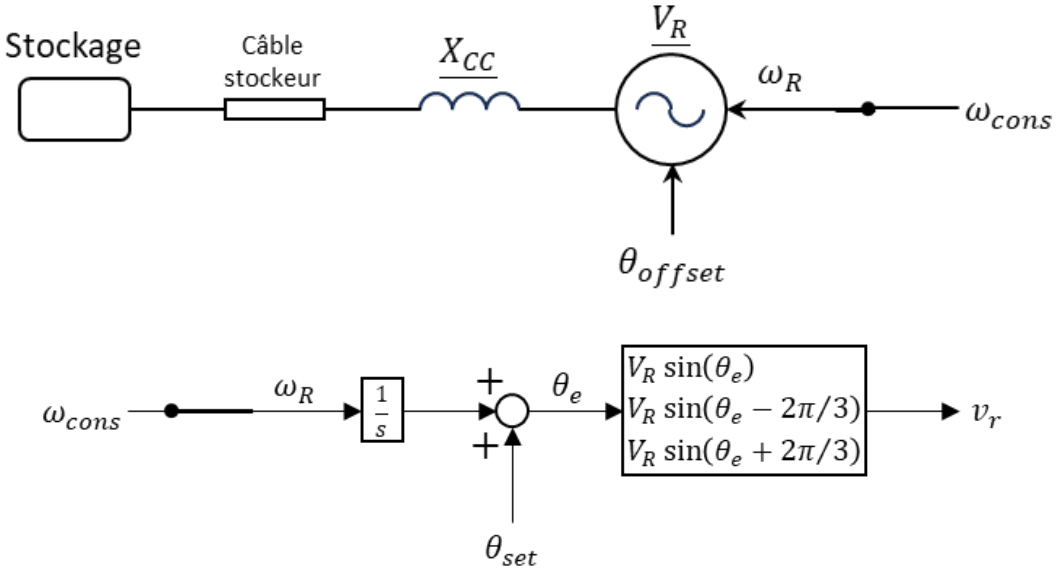


Figure 21 : modèle réseau pour la fiche 6

10.8.3. Paramétrage spécifique du stockage

FICHE-SIM_7-002 Le stockage doit être paramétré de la façon suivante :

- $P_{cons} = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$;
- $P_{SOC} = 0\ MW$;
- Réglage de tension : loi tangente phi

10.8.4. Scénario de simulation

FICHE-SIM_7-003 Les évènements suivants doivent être réalisés dans des simulations séparées :

- **Simulation n°1 :** court-circuit triphasé fugitif franc entre le câble stockeur et la réactance Xcc. Le court-circuit doit être maintenu 500 ms.
- **Simulation n°2 :** court-circuit biphasé fugitif franc entre le câble stockeur et la réactance Xcc. Le court-circuit doit être maintenu 500 ms.

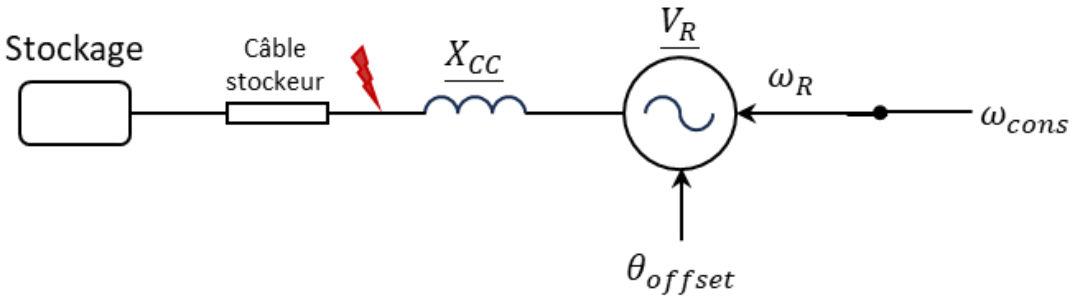


Figure 22 : emplacement du court-circuit triphasé franc à simuler

10.8.5. Résultats

FICHE-SIM_7-004 Cf. 10.1.5 « Résultats communs à toutes les fiches ».

FICHE-SIM_7-005 Les signaux supplémentaires ci-dessous doivent être enregistrés :

- Parties réelles et parties imaginaires des courants PDL (pu)
- Parties réelles et parties imaginaires des courants onduleurs (pu)
- Parties réelles et parties imaginaires des tension PDL (pu)
- Parties réelles et parties imaginaires des tension onduleurs (pu)

FICHE-SIM_7-006 Les graphes supplémentaires dessus doivent être tracés :

Figure 5 : Courants AC (kA) : courants efficaces PDL

Figure 6 : Courants AC (composantes réelles et imaginaires) (pu) :

- Parties réelles et parties imaginaires des courants PDL
- Parties réelles et parties imaginaires des courants onduleurs

Figure 7 : Courants AC (composantes réelles et imaginaires) (pu) :

- Parties réelles et parties imaginaires des courants PDL
- Parties réelles et parties imaginaires des courants onduleurs

10.8.6. Critères de conformité

FICHE-SIM_7-007 Le stockage doit rester couplé au réseau pendant toute la durée de la simulation.

FICHE-SIM_7-008 Le stockage doit respecter les exigences du mode « Priorité de la puissance active », ainsi que le temps de réponse à 5 % de 60 ms.

FICHE-SIM_7-009 A l'issue de la disparition du court-circuit, le stockage doit se resynchroniser à la source de tension Vr et revenir à son point de fonctionnement initial.

10.9. Fiche n°8 : îlotage entraînant l'atteinte de la limitation de puissance active

10.9.1. Objectif

NOTE-FICHE-SIM_8-001 L'objectif de la fiche n°8 est de vérifier le comportement du stockage en limitation de puissance active d'une façon qui pourra être vérifié expérimentalement.

Cette simulation doit être uniquement réalisée avec les modèles grid forming RMS et EMT.

10.9.2. Paramétrage spécifique du modèle de réseau

FICHE-SIM_8-001 Le paramétrage du modèle de réseau doit être le suivant :

- **Producteur tiers :** le groupe producteur tiers est déconnecté ;
- **Charges :** seule la charge 1 est connectée ;
- **Vr :**
  - $V_R = 1{,}025\ pu$;
  - Le sélecteur pour ω_R doit être sur 1 (ω_{cons}) ;
  - $\omega_{cons} = 1\ pu$

FICHE-SIM_8-001-NOTE le modèle de réseau résultant de ce paramétrage est le suivant :

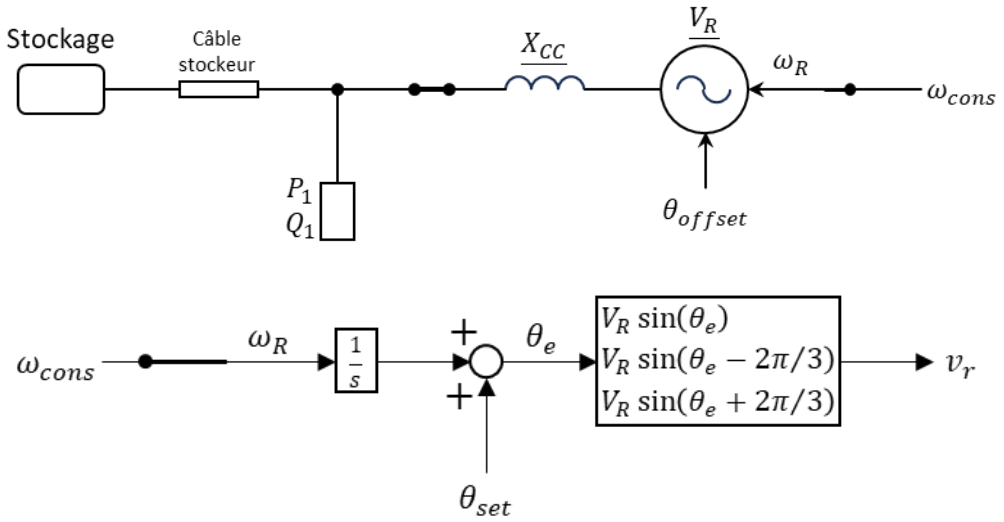


Figure 23 : modèle réseau pour la fiche 6

10.9.3. Paramétrage spécifique du stockage

FICHE-SIM_8-002 Le stockage doit être paramétré de la façon suivante :

- $P_{cons} = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$;
- $P_{SOC} = 0\ MW$;
- Mode de pilotage : grid forming
- Réglage de tension : tension constante (PDL ou BT)

FICHE-SIM_8-002-NOTE La régulation de tension au PDL n'étant pas spécifié dans le cadre de ce cahier des charges, il est autorisé à ce que la régulation de puissance réactive au PDL soit désactivée afin d'utiliser la régulation de tension des onduleurs du stockage.

10.9.4. Scénario de simulation

FICHE-SIM_8-003 Les évènements suivants doivent être réalisés dans des simulations séparées :

- **Simulation n°1 :**
  - La puissance active de la charge doit être P_1 = puissance entraînant lors de l'ouverture du disjoncteur un report de charge sur le stockage suffisant pour activer sa limite d'injection de puissance active et faire baisser sa tension au PDL du stockage à 0,9 pu ;
  - Ouverture du disjoncteur.

- **Simulation n°2 :**
  - La puissance active de la charge doit être P_1 = puissance entraînant lors de l'ouverture du disjoncteur un report de charge sur le stockage suffisant pour activer sa limite d'injection de puissance active et faire baisser sa tension au PDL du stockage en-dessous de 0,8 pu ;
  - Ouverture du disjoncteur.

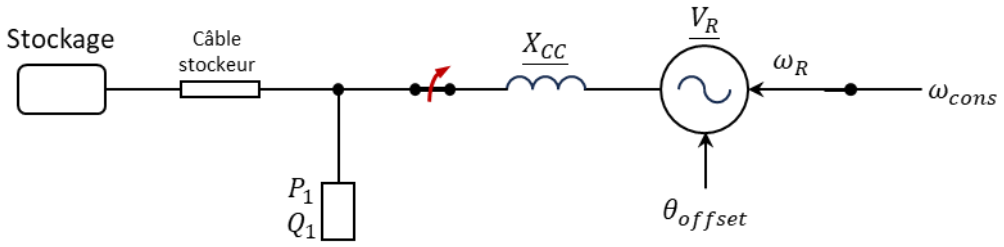


Figure 24 : Ouverture disjoncteur à simuler

10.9.5. Résultats

FICHE-SIM_8-004 Cf. 10.1.5 « Résultats communs à toutes les fiches ».

FICHE-SIM_8-005 Les signaux supplémentaires ci-dessous doivent être enregistrés :

- Parties réelles et parties imaginaires des courants PDL (pu)
- Parties réelles et parties imaginaires des courants onduleurs (pu)
- Parties réelles et parties imaginaires des tension PDL (pu)
- Parties réelles et parties imaginaires des tension onduleurs (pu)

FICHE-SIM_8-006 Les graphes supplémentaires dessus doivent être tracés :

Figure 5 : Courants AC (kA) : courants efficaces PDL

Figure 6 : Courants AC (composantes réelles et imaginaires) (pu) :

- Parties réelles et parties imaginaires des courants PDL
- Parties réelles et parties imaginaires des courants onduleurs

Figure 7 : Courants AC (composantes réelles et imaginaires) (pu) :

- Parties réelles et parties imaginaires des courants PDL
- Parties réelles et parties imaginaires des courants onduleurs

10.9.6. Critères de conformité

FICHE-SIM_8-007 Le stockage doit injecter sa puissance active maximale installée en réponse à l'îlotage sans retard ni temps de réponse induit par son contrôle-commande.

FICHE-SIM_8-008 Le stockage ne doit pas se découpler/déclencher sur critère de surcharge.

FICHE-SIM_8-009 la fréquence du contrôle-commande des onduleurs du stockage doit chuter à une valeur inférieure ou égale à sa protection de découplage et ce avant que le stockage se découple du réseau.

FICHE-SIM_8-010 Le stockage est autorisé à se découpler :

- Via sa protection de découplage sur mini U ;
- Via sa protection de découplage sur mini f.

11. Annexes 2 : Fiches essais système avant la mise en service industriel

11.1. Exigences communes à toutes les fiches essais

11.1.1. Conditions de réalisation

FICHE-ESS-GEN-001 Sauf mention explicite dans la fiche essai concernée, chaque fiche d'essai doit être réalisée en mode grid following ainsi qu'en mode grid forming.

FICHE-ESS-GEN-001-NOTE

Un tableau récapitulatif des essais à réaliser par le stockeur est fourni ci-dessous :

N° fiche	Mode pilotage onduleurs	N° essai
1	Grid forming	1
1	Grid forming	2
1	Grid forming	3
1	Grid forming	4
1	Grid forming	5
1	Grid forming	6
1	Grid forming	7
1	Grid forming	8
1	Grid forming	9
1	Grid forming	10
1	Grid following	1
1	Grid following	2
1	Grid following	3
1	Grid following	4
1	Grid following	5
1	Grid following	6
1	Grid following	7
1	Grid following	8
1	Grid following	9
1	Grid following	10
2	Grid forming	1
2	Grid forming	2
2	Grid forming	3

2	Grid forming	4
2	Grid forming	5
2	Grid forming	6
2	Grid following	1
2	Grid following	2
2	Grid following	3
2	Grid following	4
2	Grid following	5
2	Grid following	6
3	Grid forming	1
3	Grid forming	2
3	Grid forming	3
3	Grid forming	4
3	Grid forming	5
3	Grid following	1
3	Grid following	2
3	Grid following	3
3	Grid following	4
3	Grid following	5
4	Grid forming	1

Tableau 8 : tableau de synthèse des essais à réaliser par le stockeur

FICHE-ESS-GEN-002 Les essais doivent être programmés et réalisés en liaison avec le GRD.

FICHE-ESS-GEN-003 Le(s) transformateur(s) élévateur(s) du stockage doit (doivent) être sur sa (leur) prise nominale.

11.1.2. Résultats à communiquer par le stockeur

FICHE-ESS-GEN-004 Le stockeur doit enregistrer et fournir au GRD les signaux ci-dessous au format CSV :

- Les trois tensions composées ;
- La puissance active ;
- La consigne de puissance active ;
- La référence de puissance active
- La puissance réactive ;
- La consigne de puissance réactive ou de tangente phi selon la loi active ;
- La fréquence utilisée pour la régulation primaire de fréquence au PDL ;

- La fréquence du contrôle-commande des onduleurs du stockage.

FICHE-ESS-GEN-005 L'enregistrement des signaux par le stockeur doit être fait avec une période d'échantillonnage inférieure ou égale à 10 ms. Tous les signaux doivent être horodatés et synchronisés.

FICHE-ESS-GEN-006 Le stockeur doit fournir au GRD un rapport d'essai incluant pour chaque essai :

- La procédure d'essai décrivant les étapes réalisées, les conditions d'essai et les points de mesure ;
- Les graphes de courbes temporelles ci-dessous ;
    - Figure 1 :
        - La puissance réactive
        - La consigne de puissance réactive ou consigne de puissance réactive résultant de la consigne de tangente phi
    - Figure 2 :
        - La puissance active
        - La consigne de puissance active
        - La référence de puissance active
    - Figure 3 : les trois tensions composées
    - Figure 4 :
        - La fréquence utilisée pour la régulation primaire de fréquence au PDL ;
        - La fréquence du contrôle-commande des onduleurs du stockage.
- L'analyse de la conformité de l'essai vis-à-vis des critères du gestionnaire de réseau.

FICHE-ESS-GEN-007 Le rapport d'essai du stockeur incluant ses annexes doit être autoportant.

11.2.Fiche n°1 : Capacités en puissance réactive

11.2.1. Objectif des essais

NOTE-FICHE-ESS_1-001 L'objectif des essais est de vérifier la capacité de fourniture ou d'absorption de puissance réactive du stockage au point de livraison dans le diagramme PQ contractuel ; et que l'atteinte d'un stock contractuel de 0 % ou de 100 % ne modifie pas sa contribution en puissance réactive.

11.2.2. Conditions de réalisation

FICHE-ESS_1-001 Le stockage ne doit pas participer au réglage primaire de fréquence.

FICHE-ESS_1-001-NOTE Cela permet de rester à la puissance de consigne spécifiée pendant l'essai malgré les variations de fréquence du réseau.

FICHE-ESS_1-002 Le stockage doit fonctionner en mode consigne de puissance réactive, avec les limitations de tension basse et haute activées.

FICHE-ESS_1-003 Le stockage doit fonctionner initialement avec une consigne $Q_{cons} = 0$.

11.2.3. Déroulement des essais

11.2.3.1. Essais sans intervention directe du GRD

FICHE-ESS_1-004 Essai n°1 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$.
- La consigne de puissance réactive du stockage doit être diminuée avec une rampe de $-0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/min$ jusqu'à atteinte de la limite du diagramme PQ contractuel.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

FICHE-ESS_1-005 Essai n°2 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$.
- La consigne de puissance réactive du stockage doit être augmentée avec une rampe de $0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/min$ jusqu'à atteinte de la limite du diagramme PQ contractuel ou de l'activation de la limitation de tension haute.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

FICHE-ESS_1-006 Essai n°3 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active P = 0, avec un stock contractuel de 0 %.
- La consigne de puissance réactive du stockage doit être diminuée avec une rampe de $-0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/min$ jusqu'à atteinte de la limite du diagramme PQ contractuel.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

FICHE-ESS_1-007 Essai n°4 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active P = 0, avec un stock contractuel de 0 %.
- La consigne de puissance réactive du stockage doit être augmentée avec une rampe de $0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/min$ jusqu'à atteinte de la limite du diagramme PQ contractuel.

- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

FICHE-ESS_1-008 Essai n°5 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active P = 0, avec un stock contractuel de 100 %.
- La consigne de puissance réactive du stockage doit être diminuée avec une rampe de $-0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/min$ jusqu'à atteinte de la limite du diagramme PQ contractuel.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

FICHE-ESS_1-009 Essai n°6 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active P = 0, avec un stock contractuel de 100 %.
- La consigne de puissance réactive du stockage doit être augmentée avec une rampe de $0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/min$ jusqu'à atteinte de la limite du diagramme PQ contractuel.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

FICHE-ESS_1-010 Essai n°7 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$.
- La consigne de puissance réactive du stockage doit être diminuée avec une rampe de $-0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/min$ jusqu'à atteinte de la limite du diagramme PQ contractuel ou de l'activation de la limitation de tension basse.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

FICHE-ESS_1-011 Essai n°8 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$.
- La consigne de puissance réactive du stockage doit être augmentée avec une rampe de $0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/min$ jusqu'à atteinte de la limite du diagramme PQ contractuel.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

11.2.3.2. Essais avec intervention directe du GRD

FICHE-ESS_1-012 Essai n°9 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ et $Q = 0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$.
- Action volontaire du GRD afin de forcer l'activation de la limitation de tension haute.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

FICHE-ESS_1-013 Essai n°10 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ et $-0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$.
- Action volontaire du GRD afin de forcer l'activation de la limitation de tension basse.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant 5 mn.

11.2.4. Résultats à communiquer par le stockeur

FICHE-ESS_1-014 cf. 11.1.2 résultats communs à toutes les fiches essais.

FICHE-ESS_1-015

Le stockeur doit fournir les graphes supplémentaires ci-dessous dans son rapport d'essai :

- Figure 3 : ajouter les signaux ci-dessous :
  - Une droite représentant la limite de tension haute
  - Une droite représentant la limite de tension basse

- Figure 5 : graphe représentant le nuage de point (P, Q) de l'essai à l'intérieur du diagramme PQ contractuel et précisant le point de fonctionnement initial ainsi que le point de fonctionnement final.

11.2.5. Critères de conformité

FICHE-ESS_1-016 Le stockage doit rester connecté pendant toute la durée de l'essai.

FICHE-ESS_1-017 Le stockage doit avoir une erreur statique nulle sur sa régulation de puissance réactive.

FICHE-ESS_1-018 Le stockage doit pouvoir fonctionner à la limite de son diagramme PQ ainsi qu'à sa limite de tension basse ou haute, de façon stable et non oscillante pendant 20 minutes.

FICHE-ESS_1-019 Les limites du diagramme PQ, ou de tension haute ou tension basse atteintes doivent être conformes au diagramme PQ contractuel ainsi qu'aux limites de tension haute et basse contractuelles.

11.3.Fiche n°2 : Stabilité de la régulation de puissance réactive

11.3.1. Objectif des essais

NOTE-FICHE-ESS_2-001 L'objectif des essais est de vérifier la stabilité de la régulation de puissance réactive du stockeur.

11.3.2. Conditions de réalisation

FICHE-ESS_2-001 Le stockage ne doit pas participer au réglage primaire de fréquence.

FICHE-ESS_2-001-NOTE Cela permet de rester à la puissance de consigne spécifiée pendant l'essai malgré les variations de fréquence du réseau.

FICHE-ESS_2-002 Le stockage doit fonctionner en mode consigne de puissance réactive, avec les limitations de tension basse et haute activées.

FICHE-ESS_2-003 Le stockage doit fonctionner à une puissance réactive initiale Q = 0.

11.3.3. Déroulement des essais

11.3.3.1. Essais sans intervention directe du GRD

FICHE-ESS_2-004 Essai n°1 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$.
- Un échelon de consigne de puissance réactive de +2% doit être réalisé.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant au moins 10 mn.

FICHE-ESS_2-005 Essai n°2 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$.
- Un échelon de consigne de puissance réactive de -2% doit être réalisé.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant au moins 10 mn.

FICHE-ESS_2-006 Essai n°3 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$.
- Un échelon de consigne de puissance réactive de +2% doit être réalisé.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant au moins 10 mn.

FICHE-ESS_2-007 Essai n°4 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$.
- Un échelon de consigne de puissance réactive de -2% doit être réalisé.
- Le point de fonctionnement atteint doit être maintenu pendant au moins 10 mn.

11.3.3.2. Essais avec intervention directe du GRD

FICHE-ESS_2-008 Essai n°5 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$.
- Modification de la tension par le GRD.

FICHE-ESS_2-009 Essai n°6 :

- Le stockage doit fonctionner à une puissance active $P = -40\ \%\ P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$.
- Modification de la tension par le GRD.

11.3.4. Résultats à communiquer par le stockeur

FICHE-ESS_2-010 cf. 11.1.2 résultats communs à toutes les fiches essais.

FICHE-ESS_2-011 Le stockeur doit fournir les graphes supplémentaires ci-dessous dans son rapport d'essai :
Figure 3 :

- Une droite représentant la limite de tension haute
- Une droite représentant la limite de tension basse

11.3.5. Critères de conformité

FICHE-ESS_2-012 Le stockage doit rester connecté pendant toute la durée de l'essai.

FICHE-ESS_2-013 Le stockage doit avoir une erreur statique nulle sur sa régulation de puissance réactive.

FICHE-ESS_2-014 Le stockage doit respecter :

- Le dépassement maximal de 0 %
- Le temps de réponse à 5% doit être compris entre 3 s et 5 s.

11.4.Fiche n°3 : Réglage primaire de fréquence

11.4.1. Objectif des essais

NOTE-FICHE-ESS_3-001 L'objectif des essais est de vérifier les performances de la régulation primaire de fréquence du stockeur.

11.4.2. Conditions de réalisation communes aux essais de la fiche n°3

FICHE-ESS_3-001 L'enregistrement des signaux par le stockeur doit être fait avec une période d'échantillonnage inférieure ou égale à 10 ms. Tous les signaux doivent être horodatés et synchronisés.

FICHE-ESS_3-002 Le stockage fonctionne avec une consigne de puissance active P_{cons} (service de report de charge) de 0 MW et avec une consigne pour le maintien du stock utile $P_{SOC} = 0$.

FICHE-ESS_3-003 Le stockage doit fonctionner en mode Q(U) avec le paramétrage ci-dessous :

- Caractéristiques de réglage :

Tension (pu)	Puissance réactive (Mvar)
$U_1 = 0{,}9$	$Q_1 = 0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
$U_2 = 0{,}95$	$Q_2 = 0$
$U_3 = 1{,}05$	$Q_3 = 0$
$U_4 = 1{,}1$	$Q_4 = -0{,}484\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$

- Performances dynamiques :
  - $t_{r5\%} = 5\ s$
  - Rappel : $D_{max} = 0\ \%$

NOTE-FICHE-ESS_3-002 Comme spécifié dans la documentation technique de référence du GRD SEI REF 02, le régulateur fréquence/puissance du stockage doit disposer d'une entrée analogique externe pour permettre la réalisation des essais de vérification de performance.

FICHE-ESS_3-004 L'entrée analogique externe doit être post-traitée (ex : filtrée) par le stockeur pour que l'impact d'une variation de l'entrée analogique sur le régulateur fréquence/puissance du stockage soit le même que l'impact d'une variation de la fréquence du réseau.

FICHE-ESS_3-005 Le stockeur doit s'affranchir des variations de la fréquence du réseau.

FICHE-ESS_3-005-NOTE

Pour cela il pourra par exemple mettre en place l'une des deux méthodes ci-dessous :

- Méthode 1 : l'entrée analogique externe du régulateur fréquence/puissance est utilisée à la place de la mesure de fréquence : les injections d'échelons sont réalisées à partir d'un signal simulant une fréquence de 50 Hz.
- Méthode 2 : Une bande morte entre 40 Hz et 60 Hz est prévue sur la mesure de fréquence et les injections d'échelon sont réalisées à partir d'un signal de base à 0 Hz.

Le type de schéma de régulation nécessaire à l'application de la méthode 1 est illustré ci-dessous :

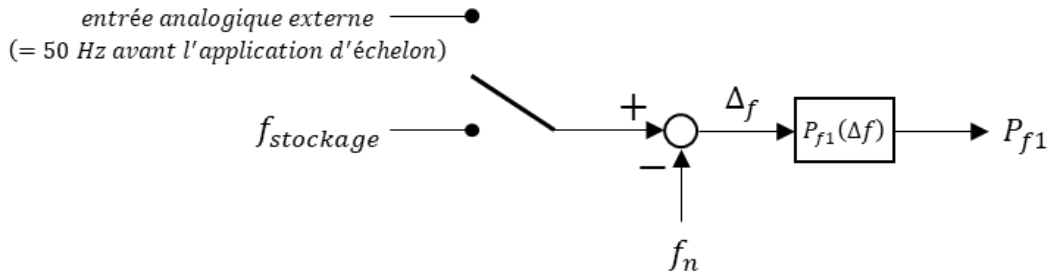


Figure 25 : illustration de la méthode 1 pour s'affranchir des variations de la fréquence du réseau

Le type de schéma de régulation nécessaire à l'application de la méthode 2 est illustré ci-dessous :

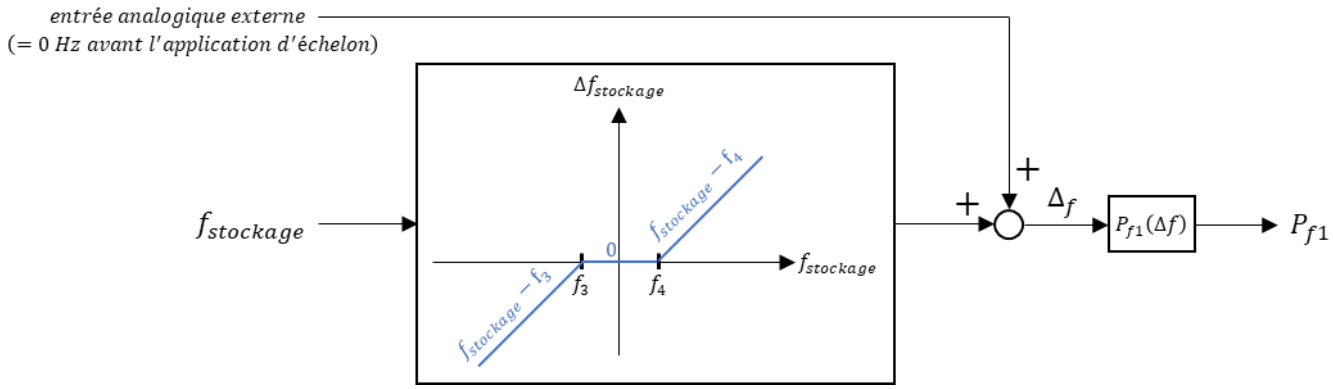


Figure 26 : illustration de la méthode 2 pour s'affranchir des variations de la fréquence du réseau

Dans la suite de la fiche essai, c'est la valeur de Δf à appliquer au stockage qui est spécifiée ; elle est indépendante de la méthode retenue par le stockeur.

FICHE-ESS_3-006 Le paramétrage du réglage primaire de fréquence du stockage doit être le suivant :

Caractéristiques de réglage :

Fréquence (Hz)	P_{f1} (MW)
$f_1 = 49\ Hz$	$P_1 = 2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$
$f_2 = 49{,}5\ Hz$	$P_2 = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}/2$
$f_3 = 49{,}9\ Hz$	0 MW (bande-morte)
$f_4 = 50{,}1\ Hz$	0 MW (bande-morte)
$f_5 = 50{,}5\ Hz$	$P_3 = -P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}/2$
$f_6 = 51\ Hz$	$P_4 = -2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$

Performances dynamiques sur échelon de consigne de puissance active en mode grid forming :

- $t_{r5\%} \leq 1\ s$
- $D_{max} \leq 5\%$

Performances dynamiques sur échelon de consigne de puissance active en mode grid following :

- $t_{r5\%} \leq 0{,}25\ s$
- $D_{max} \leq 5\ \%$

FICHE-ESS_3-006-NOTE

Ce paramétrage est illustré par la caractéristique de réglage ci-dessous :

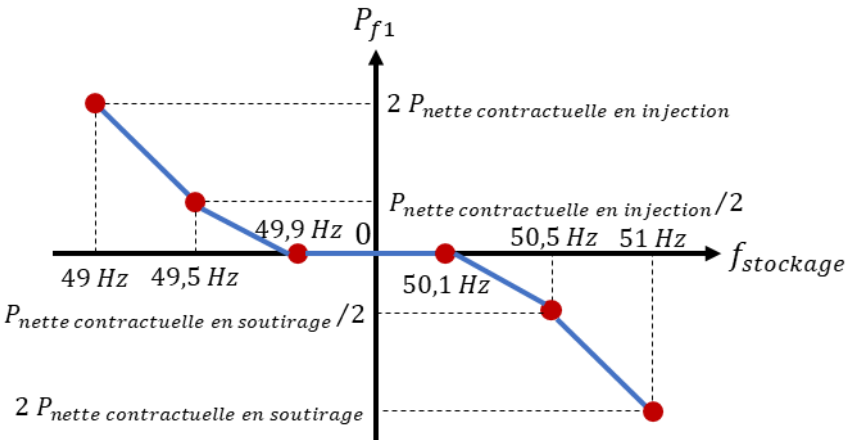


Figure 27 : réglage de la caractéristique de réglage primaire de fréquence

Le paramétrage $f_1 = 49\ Hz$; $P_1 = 2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ garantit que la référence de puissance active du stockage est à $P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ lorsque la fréquence atteint 49 Hz et ce quelle que soit sa consigne de puissance pour le service de report de charge.

De la même façon, le paramétrage $f_6 = 51\ Hz$; $P_4 = -2\ P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ garantit que la référence de puissance active du stockage est à $P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ lorsque la fréquence atteint 51 Hz et ce quelle que soit sa consigne de puissance pour le service de report de charge.

11.4.3. Résultats communs aux essais de la fiche n°3

FICHE-ESS_3-007 cf. 11.1.2 résultats communs à toutes les fiches essais.

FICHE-ESS_3-008 Le stockeur doit fournir les signaux supplémentaires ci-dessous dans son fichier CSV :

- L'entrée externe analogique ;
- Le Δf correspondant à l'entrée externe

FICHE-ESS_3-009 Le stockeur doit fournir les graphes supplémentaires ci-dessous dans son rapport d'essai :

Figure 2 : ajouter les signaux ci-dessous à la figure :

- P_{f1} calculé par post-traitement à partir de l'entrée externe analogique
- La référence de puissance active P_{ref} du stockage (issue de son contrôle-commande)

Figure 5 : l'entrée externe analogique

Figure 6 : le Δf correspondant à l'entrée externe

11.4.4. Critères de conformité communs aux essais de la fiche n°3

FICHE-ESS_3-010 Le stockage doit rester connecté pendant toute la durée de l'essai.

FICHE-ESS_3-011 Le stockage doit avoir une erreur statique nulle sur sa régulation de puissance active et respecter sa caractéristique de réglage primaire de fréquence.

FICHE-ESS_3-012 En mode grid following, le stockage doit respecter pour son réglage primaire de fréquence :

- Le dépassement maximal de 5 % à +/- 10% près.
- Le temps de réponse à 5 % de $\leq 250\ ms$.

FICHE-ESS_3-013 En mode grid forming, le stockage doit respecter pour son réglage primaire de fréquence :

- Le dépassement maximal de 5 % à +/- 10% près.
- Le temps de réponse à 5% de $\leq 1\ s$ à + 10% près.

FICHE-ESS_3-014 Le stockage doit respecter pour sa loi tangente phi :

- Le dépassement maximal doit être 0 %.
- Le temps de réponse à 5% doit être compris entre 3 s et 5 s.

11.4.5. Essai n°1

11.4.5.1. Objectif de l'essai

NOTE-FICHE-ESS_3-003 Les objectifs de l'essai sont de vérifier que l'intégralité du stock contractuel peut servir au service de réglage primaire de fréquence ainsi que de vérifier le respect des rampes du derating contractuel lors de l'atteinte de la limite de 0 % et de 100 %.

11.4.5.2. Déroulement de l'essai

FICHE-ESS_3-015 Le déroulement de l'essai doit suivre les étapes ci-dessous :

1. Le stockage dispose au début de l'essai d'un stock contractuel de 100 %.
2. Un échelon de Δf à $-1\ Hz$ doit être réalisé et maintenu jusqu'à ce que le stock contractuel atteigne 0 %.
3. Suppression de l'échelon ($\Delta f = 0\ Hz$) pendant 5 min.
4. Un échelon de Δf à $1\ Hz$ doit être réalisé et maintenu jusqu'à ce que le stock contractuel atteigne 100 %.

11.4.5.3. Résultats à communiquer par le stockeur

FICHE-ESS_3-016 cf. 11.1.2 résultats communs à toutes les fiches essais et 11.4.3 résultats communs aux essais de la fiche n°3.

11.4.5.4. Critères de conformité

FICHE-ESS_3-017 cf. 11.4.4 critères de conformité communs à tous les essais de la fiche n°3.

11.4.6. Essai n°2

11.4.6.1. Objectif de l'essai

NOTE-FICHE-ESS_3-004 L'objectif de l'essai est de vérifier la sortie effective de la bande-morte du stockage.

11.4.6.2. Déroulement de l'essai

FICHE-ESS_3-018 Le déroulement de l'essai doit suivre les étapes ci-dessous :

1. Un échelon de Δf à $-102{,}5\ mHz$ doit être réalisé et maintenu pendant 5 min.
2. Suppression de l'échelon ($\Delta f = 0\ Hz$) pendant 5 min.
3. Un échelon de Δf à $102{,}5\ mHz$ doit être réalisé et maintenu pendant 5 min.

11.4.6.3. Résultats à communiquer par le stockeur

FICHE-ESS_3-019 cf. 11.1.2 résultats communs à toutes les fiches essais et 11.4.3 résultats communs aux essais de la fiche n°3.

11.4.6.4. Critères de conformité

FICHE-ESS_3-020 cf. 11.4.4 critères de conformité communs à tous les essais de la fiche n°3.

11.4.7. Essai n°3

11.4.7.1. Objectif de l'essai

NOTE-FICHE-ESS_3-005 L'objectif de l'essai est de vérifier le réglage primaire du stockage sur sa partie linéaire.

11.4.7.2. Déroulement de l'essai

FICHE-ESS_3-021 Le déroulement de l'essai doit suivre les étapes ci-dessous :

1. Un échelon de Δf à $-500\ mHz$ doit être réalisé et maintenu pendant 5 min.
2. Suppression de l'échelon ($\Delta f = 0\ Hz$) pendant 5 min.
3. Un échelon de Δf à $500\ mHz$ doit être réalisé et maintenu pendant 5 min.

11.4.7.3. Résultats à communiquer par le stockeur

FICHE-ESS_3-022 cf. 11.1.2 résultats communs à toutes les fiches essais et 11.4.3 résultats communs aux essais de la fiche n°3.

11.4.7.4. Critères de conformité

FICHE-ESS_3-023 cf. 11.4.4 critères de conformité communs à tous les essais de la fiche n°3.

11.4.8. Essai n°4

11.4.8.1. Objectif de l'essai

NOTE-FICHE-ESS_3-006 L'objectif de l'essai est de vérifier l'atteinte de la saturation du réglage primaire à partir de la consigne de report de charge la plus défavorable.

11.4.8.2. Déroulement de l'essai

FICHE-ESS_3-024 Le déroulement de l'essai doit suivre les étapes ci-dessous :

1. Un échelon de consigne de P_{cons} (service de report de charge) à $-P_{nette\ contractuelle\ en\ soutirage}$ doit être réalisé et maintenu pendant 5 min.
2. Un échelon de Δf à $-1\ Hz$ doit être réalisé et maintenu pendant 5 min.
3. Un échelon de consigne de P_{cons} (service de report de charge) à $P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$ doit être réalisé et maintenu pendant 5 min.
4. Suppression de l'échelon de (Δf ($\Delta f = 0\ Hz$) pendant 5 min.
5. Un échelon de Δf à $1\ Hz$ doit être réalisé et maintenu pendant 5 min.

11.4.8.3. Résultats à communiquer par le stockeur

FICHE-ESS_3-025 cf. 11.1.2 résultats communs à toutes les fiches essais et 11.4.3 résultats communs aux essais de la fiche n°3.

11.4.8.4. Critères de conformité

FICHE-ESS_3-026 cf. 11.4.4 critères de conformité communs à tous les essais de la fiche n°3.

11.4.9. Essai n°5 (avec action volontaire du GRD)

11.4.9.1. Objectif de l'essai

NOTE-FICHE-ESS_3-007 L'objectif de l'essai est de vérifier le comportement du stockage suite à une variation réelle et significative de la fréquence du réseau.

11.4.9.2. Déroulement de l'essai

FICHE-ESS_3-027 Action volontaire du gestionnaire du système afin de générer une variation de fréquence significative (et au-delà de la bande morte du stockage) et suivi du comportement du stockage jusqu'à l'envoi par le dispatching d'une nouvelle consigne de puissance.

11.4.9.3. Résultats à communiquer par le stockeur

FICHE-ESS_3-028 cf. 11.1.2 résultats communs à toutes les fiches essais et 11.4.3 résultats communs aux essais de la fiche n°3.

FICHE-ESS_3-028-NOTE Dans cet essai le Δf injecté dans le régulateur fréquence/puissance est nul.

11.4.9.4. Critères de conformité

FICHE-ESS_3-029 cf. 11.4.4 critères de conformité communs à tous les essais de la fiche n°3.

FICHE-ESS_3-029-NOTE Les critères de temps de réponse à 5% et de dépassement maximal seront évalués en vérifiant que la réponse dynamique du stockage reste dans une enveloppe définie par :

- La puissance de référence du stockage ;
- La puissance de référence du stockage filtrée en utilisant les exigences contractuelle (temps de réponse à 5% et de dépassement maximal).

11.5. Fiche n°4 (grid forming) : Essai en limite d'injection de puissance active

11.5.1. Objectif de l'essai

NOTE-FICHE-ESS_4-001 L'objectif des essais est de vérifier le comportement du stockage en mode grid forming lorsqu'il atteint sa limite d'injection de puissance active sans pouvoir reporter l'excès de charge sur d'autres producteurs.

11.5.2. Conditions de réalisation

FICHE-ESS_4-001 Cette fiche essai doit uniquement être réalisé avec le stockage en mode grid forming.

FICHE-ESS_4-002 L'enregistrement des signaux par le stockeur doit être fait avec une période d'échantillonnage inférieure ou égale à 10 ms. Tous les signaux doivent être horodatés et synchronisés.

FICHE-ESS_4-003 La consigne de puissance active du stockage $P_{cons} = P_{nette\ contractuelle\ en\ injection}$.

FICHE-ESS_4-004 Le stockage doit réguler sa tension AC afin d'atteindre une tension au PDL d'environ 1,025 pu.

FICHE-ESS_4-005 La régulation de tension au PDL n'étant pas spécifié dans le cadre de ce cahier des charges, il est autorisé à ce que la régulation de puissance réactive au PDL soit désactivée afin d'utiliser la régulation de tension des onduleurs du stockage.

11.5.3. Déroulement des essais

FICHE-ESS_4-006 Action volontaire du gestionnaire du système afin d'îloter le stockage sur une poche de consommation HTA significativement supérieure à la puissance active installée du stockage.

11.5.4. Résultats à communiquer par le stockeur

FICHE-ESS_4-007 cf. Exigences communes à toutes les fiches essais

FICHE-ESS_4-008 Le stockeur doit fournir les graphes supplémentaires ci-dessous :

Figure 1 : ajouter les signaux ci-dessous

- Consigne de tension (PDL ou onduleur en fonction d'où se fait la régulation)
- Tensions onduleurs (TGBT)

11.5.5. Critères de conformité

FICHE-ESS_4-009 Le stockage doit injecter sa puissance active maximale installée en réponse à l'îlotage sans retard ni temps de réponse induit par son contrôle-commande.

FICHE-ESS_4-010 Le stockage ne doit pas se découpler/déclencher sur critère de surcharge.

FICHE-ESS_4-011 la fréquence du contrôle-commande des onduleurs du stockage doit chuter à une valeur inférieure ou égale à sa protection de découplage et ce avant que le stockage se découple du réseau.

FICHE-ESS_4-012 Le stockage est autorisé à se découpler :

- Via sa protection de découplage sur mini U ;
- Via sa protection de découplage sur mini f.

12. Annexe 3 : Adaptation du cahier des charges technique aux batteries HTB

Sections et exigences	Batterie HTB
3. Normes et standards de référence	Applicable, à l'exception des normes et référentiels ci-dessous de l'exigence GEN-001 : • Normes et référentiels EDF SEI applicables aux raccordements sur réseau HTA • Norme NF EN 50549-2:2019. Certaines parties de cette norme, explicitement spécifiées par d'autres exigences du présent cahier des charges restent toutefois applicables.
4.1. Mode de pilotage des onduleurs de tension	Applicable
4.2.1. Service de report de charge	Applicable
4.2.2. Service de réglage de la tension	Les exigences de la SEI REF 01 remplacent celles du CdC
4.2.3. Réglage primaire de fréquence	Applicable
4.2.4. Injection et absorption de courant de défaut	Applicable
4.3.1. Variations normales et exceptionnelles de la tension d'exploitation	Les exigences de la SEI REF 01 remplacent celles du CdC
4.3.2. Variations normales et exceptionnelles de la fréquence d'exploitation	Les exigences de la SEI REF 01 remplacent celles du CdC
4.4.1. Tenue au ROCOF – (rate of change of frequency)	Applicable
4.4.2. Tenue aux creux de tensions	Applicable
4.4.3. Tenue aux pics de tensions	Applicable
4.5. Qualité de l'électricité	Applicable
4.6.1. Dimensionnement en puissance active et en énergie	Applicable, à l'exception de la réserve maximale valorisable qui est de 10 MW (si pas de mode commun de défaillance sinon 5 MW)
4.6.2. Diagramme PQ	Les exigences de la SEI REF 01 remplacent celles du CdC
5.1. Environnement et normes	Applicable
5.2. Raccordement de l'installation pour la valorisation des services	Les exigences de la SEI REF 01 remplacent celles du CdC
5.3. Protections et comportement sur défaut	Applicable
6. Télé-conduite du stockage	Les exigences seront spécifiées dans la convention de raccordement
7. MODÉLISATION NUMÉRIQUE	Applicable
8. Essais et Mise en service industriel (MSI)	Les exigences seront spécifiées dans la convention de raccordement
9. Contrôle des performances	Applicable
10. Annexe 1 : Dossier de simulation	Applicable
11. Annexes 2 : Fiches essais système avant la mise en service industriel	Les exigences seront spécifiées dans la convention de raccordement

Hors cahier des charges stockage HTA : black start avec renvoi progressif de la tension	Capacité d'énergiser un TFO 36 MVA à l'équivalent de 50 km de ligne HTB 63kV ou 90 kV

13. Annexe 4 : Adaptation du cahier des charges technique aux STEPS HTA et HTB

Sections et exigences	STEP HTA	STEP HTB
3. Normes et standards de référence	Applicable	Applicable, à l'exception des normes et référentiels ci-dessous de l'exigence GEN-001 : • Normes et référentiels EDF SEI applicables aux raccordements sur réseau HTA • Norme NF EN 50549-2:2019 En particulier, l'installation doit respecter les exigences de la SEI REF 01
4.1. Mode de pilotage des onduleurs de tension	Non applicable	Non applicable
4.2.1. Service de report de charge	Applicable sauf l'exigenceSYS-P-003	Applicable sauf l'exigence SYS-P-003
4.2.2. Service de réglage de la tension	Applicable	Les exigences de la SEI REF 01 remplace celles du CdC
4.2.3. Réglage primaire de fréquence	Les exigences ci-dessous remplacent celles du CdC. L'installation doit mettre à disposition du GRD le maximum de ses capacités constructives natives (sans ajout d'élément additionnel) pour viser à respecter les temps de réponse visés au § 3.3.1 du SEI REF 01 en vigueur En cas d'ajout d'éléments additionnels permettant d'augmenter la capacité de l'installation à fournir de la réserve primaire, le porteur de projet doit fournir les éléments techniques et financiers avec et sans l'ajout de ces éléments Un automate de délestage doit être installé sur chacune des pompes de l'installation permettant un délestage étagé de celles-ci sur seuil de fréquence et/ou de dérivée de fréquence. Le délestage doit pouvoir être réalisé en moins de 100 ms après franchissement du seuil de déclenchement. Le paramétrage de ces automates sera déterminé pour le GRD dans la convention de raccordement. Quel que soit le réglage des automates de délestage, le pompage ne devra pas être volontairement maintenu si la fréquence passe sous 48 Hz.	Les exigences ci-dessous remplacent celles du CdC. L'installation doit mettre à disposition du GRD le maximum de ses capacités constructives natives (sans ajout d'élément additionnel) pour viser à respecter les temps de réponse visés au § 3.3.1 du SEI REF 01 en vigueur En cas d'ajout d'éléments additionnels permettant d'augmenter la capacité de l'installation à fournir de la réserve primaire, le porteur de projet doit fournir les éléments techniques et financiers avec et sans l'ajout de ces éléments Un automate de délestage doit être installé sur chacune des pompes de l'installation permettant un délestage étagé de celles-ci sur seuil de fréquence et/ou de dérivée de fréquence. Le délestage doit pouvoir être réalisé en moins de 100 ms après franchissement du seuil de déclenchement. Le paramétrage de ces automates sera déterminé pour le GRD dans la convention de raccordement. Quel que soit le réglage des automates de délestage, le pompage ne devra pas être volontairement maintenu si la fréquence passe sous 48 Hz RESCU-F : l'installation doit implémenter ce service quel que soit son mode de fonctionnement
4.2.4. Injection et absorption de courant de défaut	Les exigences de la norme NF EN 50549-2 remplace celles du CdC	Les exigences de la SEI REF 01 remplace celles du CdC
4.3.1. Variations normales et exceptionnelles de la tension d'exploitation	Applicable	Les exigences de la SEI REF 01 remplace celles du CdC

4.3.2. Variations normales et exceptionnelles de la fréquence d'exploitation	Les exigences de la SEI REF 02 remplacent celles du CdC sauf pour les pompes de l'installation. Les pompes de l'installation doivent avoir la capacité de rester connectées au réseau et de continuer à fonctionner dans leurs limites de puissance contractuelles dans les conditions de fréquence suivantes : ▪ $< 48\ Hz$: 0 s ▪ $[48\ Hz\ ; 52{,}5\ Hz]$: illimité ▪ $>\ 52.5\ Hz : \geq\ 5\ s$	Les exigences de la SEI REF 01 remplacent celles du CdC sauf pour les pompes de l'installation. Les pompes de l'installation doivent avoir la capacité de rester connectées au réseau et de continuer à fonctionner dans leurs limites de puissance contractuelles dans les conditions de fréquence suivantes : ▪ $< 48\ Hz$: 0 s ▪ $[48\ Hz\ ; 52{,}5\ Hz]$: illimité ▪ $>\ 52.5\ Hz : \geq\ 5\ s$
4.4.1. Tenue au ROCOF – (rate of change of frequency)	Les exigences de la SEI REF 02 remplace celles du CdC	Les exigences de la SEI REF 01 remplace celles du CdC
4.4.2. Tenue aux creux de tensions	Les exigences de la SEI REF 02 remplace celles du CdC	Les exigences de la SEI REF 01 remplace celles du CdC
4.4.3. Tenue aux pics de tensions	Applicable	Les exigences de la SEI REF 01 remplace celles du CdC
4.5. Qualité de l'électricité	Les exigences de la SEI REF 02 remplace celles du CdC	Les exigences de la SEI REF 01 remplace celles du CdC
4.6.1. Dimensionnement en puissance active et en énergie	ELC-001 : les projets ne sont pas soumis à l'exigence ELC-003 : ne concerne pas les séquences d'arrêts et de démarrage de l'installation ELC-004 : non-applicable car les STEP n'ont pas de limite de nombre de cycles ELC-005 : non-applicable, les rendements et consommations auxiliaires sont traités dans le contrat d'achat	ELC-001 : les projets ne sont pas soumis à l'exigence ELC-002 : la réserve maximale valorisable qui est de 10 MW (si pas mode commun de défaillance sinon 5 MW) ELC-003 : ne concerne pas les séquences d'arrêts et de démarrage de l'installation ELC-004 : non-applicable car les STEP n'ont pas de limite de nombre de cycles ELC-005 : non-applicable, les rendements et consommations auxiliaires sont traités dans le contrat d'achat
4.6.2. Diagramme PQ	Les exigences de la SEI REF 02 remplace celles du CdC en turbinage. En pompage, il n'est pas exigé de plage continue de fonctionnement entre 0MW et Pmax pompage. Sur la plage de fonctionnement en pompage, il est exigé la fourniture des pleines capacités en puissance réactive.	Les exigences de la SEI REF 01 remplace celles du CdC en turbinage. En pompage, il n'est pas exigé de plage continue de fonctionnement entre 0MW et Pmax pompage. Sur la plage de fonctionnement en pompage, il est exigé la fourniture des pleines capacités en puissance réactive.
5.1. Environnement et normes	Applicable	Applicable
5.2. Raccordement de l'installation pour la valorisation des services	Applicable	Les exigences de la SEI REF 01 remplace celles du CdC
5.3. Protections et comportement sur défaut	Applicable	Applicable
6. Télé-conduite du stockage	Applicable	Les exigences seront spécifiées dans la convention de raccordement

7. MODÉLISATION NUMÉRIQUE	Applicable, en adaptant la description des équipements et fonctions du contrôle commande qui compose l'installation	Applicable, en adaptant la description des équipements et fonctions du contrôle commande qui compose l'installation
8. Essais et Mise en service industriel (MSI)	Applicable	Les exigences seront spécifiées dans la convention de raccordement
9. Contrôle des performances	Applicable	Applicable
10. Annexe 1 : Dossier de simulation	Les exigences seront spécifiées dans la convention de raccordement et sont par défaut celles de l'annexe 2 du REF01, complétées par des simulations de situations à Pmax en pompage ainsi qu'en court-circuit hydraulique	Les exigences seront spécifiées dans la convention de raccordement et sont par défaut celles de l'annexe 2 du REF01, complétées par des simulations de situations à Pmax en pompage ainsi qu'en court-circuit hydraulique
11. Annexes 2 : Fiches essais système avant la mise en service industriel	Les exigences seront spécifiées dans la convention de raccordement et sont par défaut celles du REF08	Le SEI REF 09 ne couvre pas les performances attendues par les nouveaux moyens et doit être complété par des dispositions spécifiques exprimées dans la convention de raccordement permettant de vérifier avant la MSI la bonne réponse de l'installation aux exigences
Hors cahier des charges batteries HTA : black start avec renvoi progressif de la tension	Non applicable	L'installation doit avoir la capacité de réaliser un renvoi de tension progressif Un renvoi de tension progressif désigne la séquence suivante : 1. le groupe est démarré sans recours à une source de tension externe à l'installation. La tension aux bornes du stator est nulle. 2. Sur ordre du centre de conduite EDF, le groupe se couple sur une portion de réseau à vide. 3. Après couplage, le groupe en jouant sur son excitation va faire monter la tension de l'ensemble de la portion de réseau jusqu'à une valeur prédéfinie autour de 0.9 Un environ et selon un gradient de quelques secondes. Les valeurs seront précisées dans la convention d'exploitation et pourront être mise à jour en fonction des évolutions du réseau.

14. Glossaire

Acheteur	EDF SEI est l'Acheteur Unique dans les ZNI
ANSSI	L'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information est l'autorité nationale chargée d'accompagner et de sécuriser le développement du numérique. Acteur majeur de la cyber sécurité, l'ANSSI apporte son expertise et son assistance technique aux administrations et aux entreprises avec une mission renforcée au profit des opérateurs d'importance vitale (OIV). Elle assure un service de veille, de détection, d'alerte et de réaction aux attaques informatique.
Consommation annuelle des auxiliaires	C'est la consommation annuelle maximale de l'installation, hors dispositif de stockage (auxiliaire et locaux administratifs).
CRE	Commission de Régulation de l'Energie. La CRE établit la méthodologie d'instruction des projets de stockage et sélectionne les projets pour les services qu'elle aura sélectionné pour éviter des surcoûts de production.
Cycle complet	Cycle charge /décharge de l'installation de stockage, à la puissance d'injection nette contractuelle en décharge et à la puissance de soutirage nette contractuelle en charge, et ce de façon continue et sans pause.
Cycles équivalents complets (nombre de)	Le nombre de cycle complet correspond au ratio entre la quantité d'énergie injectée au PDL par l'installation sur l'année, et la quantité d'énergie injectée au PDL par l'installation lors d'un cycle complet
GRD	Gestionnaire de réseau de distribution. EDF SEI est le GRD dans les territoires concernés par ce présent cahier des charges et également Acheteur unique de l'électricité produite par les installations. Un contrat d'achat entre le stockeur et EDF SEI est mis en place.
Inertie	Les masses tournantes stockent de l'énergie sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est instantanément libérée pour s'opposer à une chute de la fréquence lors d'un manque soudain de production par rapport à la consommation. De même, les masses tournantes peuvent emmagasiner de l'énergie en cas d'excédent soudain de production par rapport à la consommation, s'opposant ainsi à une hausse de fréquence.
Puissance nette contractuelle en injection (ou soutirage) [MW]	C'est la puissance électrique maximale libérable (resp. soutirable) par l'installation de stockage, mesurée au point de livraison, en prenant en compte une consommation maximale des auxiliaires.
Rendement net de l'Installation (incluant la consommation des auxiliaires)	Le rendement net de l'installation correspond au ratio entre l'énergie injectée par l'installation lors de la phase d'injection, et l'énergie soutirée par l'installation lors de la phase de soutirage au point de livraison, lors d'un cycle complet, en tenant compte de la consommation des auxiliaires.
Stock ou capacité physique [MWh]	C'est la capacité totale installée par le stockeur. Ce stock permet par exemple de garantir le stock utile sur toute la durée de vie de l'installation.
Stock ou capacité utile [MWh]	C'est le stock contractualisé sur la durée de vie de l'installation et mis à disposition du GRD. En considérant un stock plein à 100%, c'est la quantité d'énergie pouvant être livrée par l'installation au point de livraison à pleine puissance d'injection jusqu'à vider le stock, en tenant compte de la consommation des auxiliaires.
Stockeur	Propriétaire de l'installation de stockage qui participe au guichet stockage
TVC	Télé Valeur de Consigne. Consigne de puissance envoyée depuis le dispatching à l'installation au travers du dispositif d'échange d'informations et d'exploitation

15. Définitions des performances dynamiques en réponse à un échelon

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.

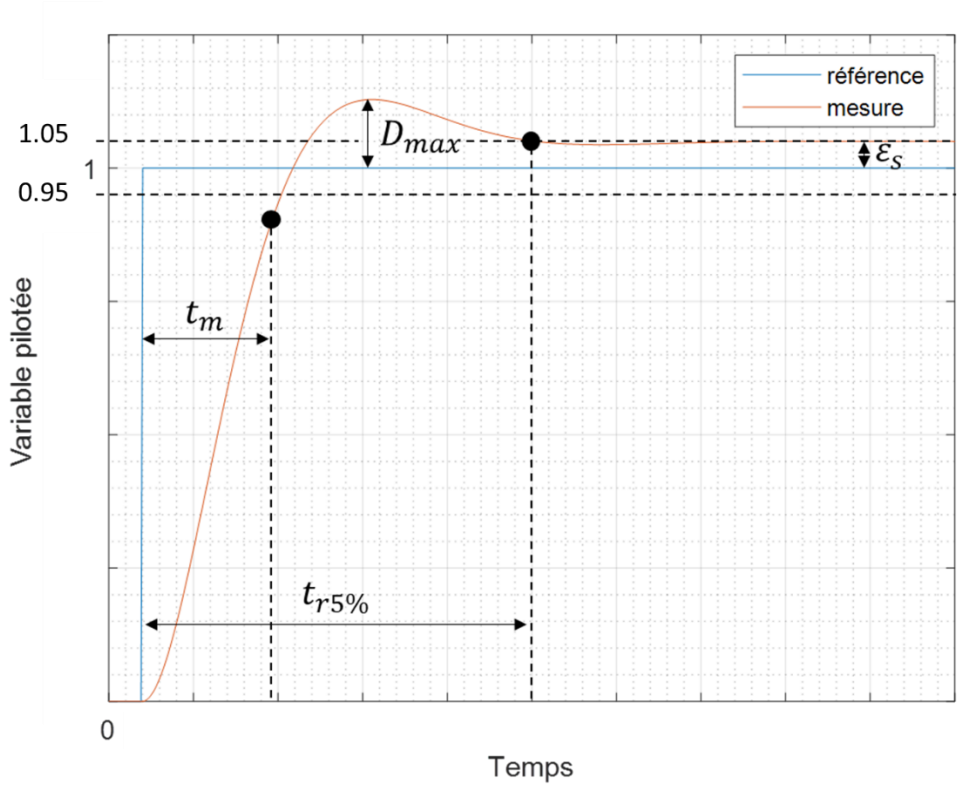


Figure 28 : Définition des performances dynamiques de la réponse à un échelon

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 :

$$\varepsilon_s = référence_f - mesure_f$$

Ou en pourcentage de la référence :

$$\varepsilon_s = 100 \times \frac{référence_f - mesure_f}{référence_f}$$

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.

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.

16. Références internes EDF

Document établi sur la base du CCTP « [FONCTIONNELLE] CIST-DEXPOT-ICE-23-0329 IndC »