

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

Identification : SEI REF 46

Version de juin 2023

# Sommaire

## Table des matières

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIF DU DOCUMENT .....</b>	<b>3</b>
<b>2. CARACTERISTIQUES DU SYSTEME DE STOCKAGE .....</b>	<b>3</b>
2.1. SERVICES VISES.....	3
2.1.1. <i>Injection et soutirage d'énergie active .....</i>	<i>4</i>
2.1.2. <i>Fourniture et absorption d'énergie réactive .....</i>	<i>4</i>
2.1.3. <i>Soutien en fréquence.....</i>	<i>4</i>
2.1.4. <i>Apport d'inertie pour les machines synchrones .....</i>	<i>7</i>
2.1.5. <i>Fonctionnement en grid-forming (source de tension) pour les onduleurs .....</i>	<i>7</i>
2.2. DIMENSIONNEMENT ELECTRIQUE.....	8
2.2.1. <i>Caractéristiques du stockage .....</i>	<i>8</i>
2.2.2. <i>Gestion du stock.....</i>	<i>9</i>
2.3. MAINTENANCE ET DISPONIBILITE DU SYSTEME.....	9
<b>3. RACCORDEMENT ET ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>10</b>
3.1. ENVIRONNEMENT ET NORMES .....	10
3.2. RACCORDEMENT DE L'INSTALLATION.....	10
3.3. PROTECTIONS ET COMPORTEMENT SUR DEFAUT .....	10
<b>4. TELE-CONDUITE DU SYSTEME DE STOCKAGE.....</b>	<b>11</b>
4.1.1. <i>Protocole de communication.....</i>	<i>11</i>
4.1.2. <i>Support de communication .....</i>	<i>12</i>
4.1.3. <i>Echanges d'informations.....</i>	<i>13</i>
<b>5. ESSAIS ET MISE EN SERVICE INDUSTRIEL (MSI).....</b>	<b>13</b>
5.1. ESSAIS.....	13
5.1.1. <i>Essais télé-conduite .....</i>	<i>13</i>
5.1.2. <i>Essais système avant la mise en service industriel .....</i>	<i>13</i>
5.1.1. <i>Tenue de l'installation aux variations de fréquences et de tensions .....</i>	<i>14</i>
5.2. MISE EN SERVICE INDUSTRIEL .....	14
<b>6. PERFORMANCE ET CONTROLE.....</b>	<b>14</b>
6.1. INSTRUMENTATION.....	14
6.2. CONTROLE DES PERFORMANCES.....	14
<b>7. ANNEXES : FICHES D'ESSAIS AVANT LA MISE EN SERVICE INDUSTRIEL .....</b>	<b>15</b>
<b>8. GLOSSAIRE .....</b>	<b>23</b>

# 1. Contexte et objectif du document

Ce présent document est établi en application de la délibération n°2023-13 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 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°2023-13). 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. Ne seront concernés par la mise à jour que les systèmes de stockage dont la date de saisine de la CRE est postérieure à la date de publication d'une nouvelle version de ce document par EDF SEI. On notera qu'une installation de stockage peut rendre simultanément plusieurs services au système.

Le système de stockage, considéré comme un moyen de production durant les phases de décharge (ou injection sur le réseau) et comme un consommateur durant les phases de charge (ou soutirage depuis le réseau)<sup>1</sup>, devra respecter la documentation technique de référence applicable aux installations de production et de consommation, disponible sur le site de EDF SEI.

Une fois la mise en service industriel prononcée, lorsqu'il se déclare comme disponible le système de stockage doit offrir au réseau les services tels que décrits dans ce document, selon ses caractéristiques. Le système de stockage doit être interfacé aux outils de conduite du système électrique.

Le système de stockage devra également se conformer aux normes, lois et règlements (arrêté raccordement 9 juin 2020...) en vigueur sur ce territoire, ainsi qu'aux normes et référentiels de EDF SEI (SEI REF 02, ...) disponibles sur le site institutionnel de EDF SEI de chaque ZNI. Les installations disposant d'onduleurs devront respecter la norme EN 50549-2.

## 2. Caractéristiques du système de stockage

### 2.1. Services visés

Le système de 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. Le stockage pourra fournir les services suivants :

- en **report de charge** 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 et devra maintenir le niveau de stock découlant de la dernière sollicitation du gestionnaire de réseau.
- en **soutien à la fréquence du réseau** (ou réserve). Asservi en permanence à celle-ci, il répondra à une loi de régulation permettant de délivrer de la puissance ou de soutirer depuis le

---

<sup>1</sup> Par convention dans ce document, la phase d'injection (ou de décharge sur le réseau) correspond à la phase de libération par l'installation de l'énergie au point de livraison. La phase de soutirage (ou de charge depuis le réseau) correspond à la phase de consommation par l'installation de l'énergie au point de livraison.

réseau lorsque la fréquence sort d'un intervalle paramétrable.

Les sollicitations sur ce type d'évènement se dérouleront la majeure partie du temps sur moins de 30 minutes. Les systèmes de stockage subiront à l'issue de l'évènement ayant engendré la variation de fréquence une charge à un régime de l'ordre de leur puissance contractuelle de soutirage via le réseau jusqu'à atteindre leur état de charge cible initial.

- en apportant de l'**inertie** au réseau pour les systèmes de stockage disposant d'une inertie mécanique couplée au réseau de façon synchrone.
- en **soutien à la tension**. Asservi en permanence à celle-ci, il répondra à une loi de régulation permettant d'absorber ou de fournir de l'énergie réactive pour stabiliser la tension. L'installation devra également être en capacité de répondre à des consignes de fourniture ou d'absorption de puissance réactive.
- en disposant de la capacité à fonctionner en mode **grid-forming** (source de tension), pour les stockages interfacés par électronique de puissance.

### 2.1.1. Injection et soutirage d'énergie active

Dans le cas où le stockage rend le service de report de charge, il doit disposer d'un contrôle-commande capable de recevoir et d'ajuster sa fourniture de puissance active en injection et en soutirage selon les télé-valeurs de consigne envoyées par le dispatching. En cas d'indisponibilité du lien de téléconduite, il devra également pouvoir appliquer des consignes transmises par le dispatching par le biais de messages collationnés par téléphone.

### 2.1.2. Fourniture et absorption d'énergie réactive

Le stockage devra systématiquement participer au réglage primaire de tension. Il doit disposer d'un contrôle-commande capable :

- d'ajuster sa puissance réactive pour respecter une télé-valeur de consigne en tension au point de livraison envoyée par le dispatching
- de respecter une télé-valeur de consigne en réactif au point de livraison envoyée par le dispatching. En cas d'atteinte de valeurs de tensions extrêmes pouvant conduire au découplage de l'installation, le stockeur devra être en mesure de limiter la contribution en réactif de son installation. Les modalités précises seront définies dans la convention de raccordement.
- de respecter une loi de régulation locale de tension définie dans le contrat d'accès au réseau (par exemple de type  $\tan(\Phi)$  ou  $Q=f(U)$ ) dont les paramètres seront modifiables selon les modalités à définir dans la convention d'exploitation,

En cas d'indisponibilité du lien de téléconduite, il devra également pouvoir appliquer des consignes transmises par le dispatching par le biais de messages collationnés par téléphone.

Pour les installations interfacées par électronique de puissance, la plage de puissance réactive  $[-0,484 P_{max} ; 0,484 P_{max}]$ , avec  $P_{max}$  la puissance maximum de l'onduleur, doit être accessible indépendamment de la consigne de puissance active

### 2.1.3. Soutien en fréquence

Le système de stockage sera asservi en permanence à la fréquence du réseau et répondra aux exigences techniques ci-dessous, indépendamment des critères nécessaires à la valorisation qui sont précisés au paragraphe 3.

Les paramètres de cet asservissement respecteront les prescriptions détaillées par territoire dans la DTR d'EDF SEI.

#### 2.1.3.1. Loi de commande

En cas de variation de fréquence, la réponse du stockeur suivra les caractéristiques statiques de contribution représentée *Figure 1* (au déclenchement de l'incident de fréquence) et *Figure 2* (durant l'incident de fréquence), dont les paramètres sont les suivants :

- $P_0$  correspond à la consigne de puissance courante appliquée par le stockage,
- $f_1$  correspond à la limite de la bande morte à partir de laquelle le stockage pourra commencer à contribuer à la hausse au réglage de fréquence. Elle sera définie dans la plage [49 Hz ; 50 Hz].
  - Si au moment de l'incident  $P_0 < P_{f1}$  alors le stockeur doit sans délai appliquer la consigne  $P_{f1}$  dès que la fréquence chute sous  $f_1$  et par la suite, la consigne à appliquer doit suivre la droite statique définie *Figure 2* jusqu'à réception d'une nouvelle consigne télétransmise par le GRD.
  - Si au moment de l'incident  $P_0 > P_{f1}$  alors le stockeur maintiendra sa consigne à  $P_0$  tant que la fréquence ne chute pas sous la valeur déterminée sur la *Figure 1* par l'intersection de la droite horizontale constante  $P = P_0$  et de la caractéristique statique de la contribution attendue au réglage de fréquence. Dès lors que la fréquence chute sous cette valeur, la consigne à appliquer par la suite doit suivre la droite statique définie *Figure 2* jusqu'à réception d'une nouvelle consigne télétransmise par le GRD.
- $f_2$  correspond à la fréquence associée à l'injection d'une puissance  $P_{f2}$ , avec  $P_{f2}$  inférieure ou égale à la puissance max d'injection déclarée par le stockeur. Elle sera définie dans la plage [48,5 Hz ;  $f_1$ ].
- $f_3$  correspond à la limite de la bande morte à partir de laquelle le stockage pourra commencer à contribuer à la baisse au réglage de fréquence. Elle sera définie dans la plage [50 Hz ; 51 Hz].
  - Si au moment de l'incident  $P_0 > P_{f3}$  alors le stockeur doit sans délai appliquer la consigne  $P_{f3}$  dès que la fréquence augmente au-dessus de  $f_3$  et par la suite la consigne à appliquer doit suivre la droite statique définie *Figure 2* jusqu'à réception d'une nouvelle consigne télétransmise par le GRD.
  - Si au moment de l'incident  $P_0 < P_{f3}$  alors le stockeur maintiendra sa consigne à  $P_0$  tant que la fréquence n'augmente pas au-dessus de la valeur déterminée sur la *Figure 1* par l'intersection de la droite horizontale constante  $P = P_0$  et de la caractéristique statique de la contribution attendue au réglage de fréquence. Dès lors que la fréquence augmente au-dessus de cette valeur, la consigne à appliquer par la suite doit suivre la droite statique définie *Figure 2* jusqu'à réception d'une nouvelle consigne télétransmise par le GRD.
- $f_4$  correspond à la fréquence associée au soutirage d'une puissance  $P_{f4}$ , avec  $P_{f4}$  inférieure ou égale à la puissance max de soutirage déclarée par le stockeur. Elle sera définie dans la plage [ $f_3$  ; 52 Hz].

Les valeurs numériques seront précisées par le gestionnaire de réseau dans la convention d'exploitation en fonction des capacités constructives de l'installation (pour les puissances d'injection et de soutirage), et pourront évoluer sur la durée de vie de l'installation.

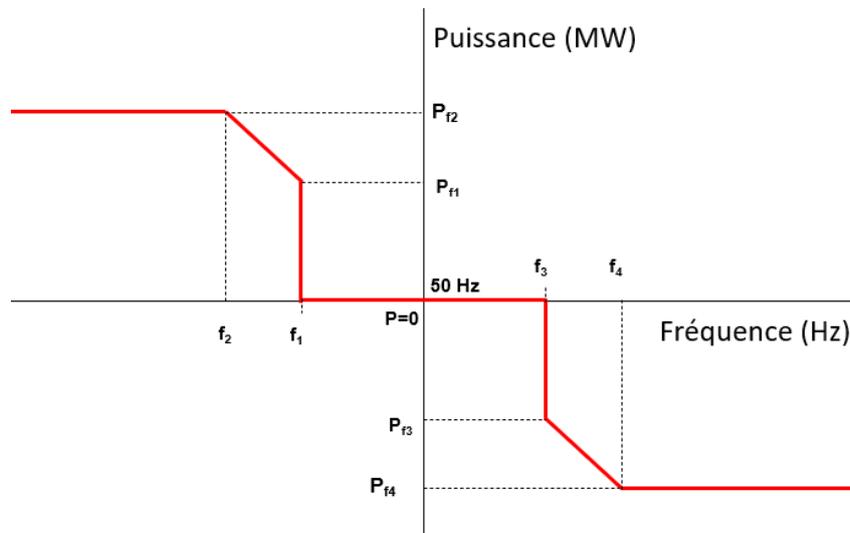


Figure 1 - caractéristique  $P=f(f)$  valable au déclenchement de l'incident de fréquence

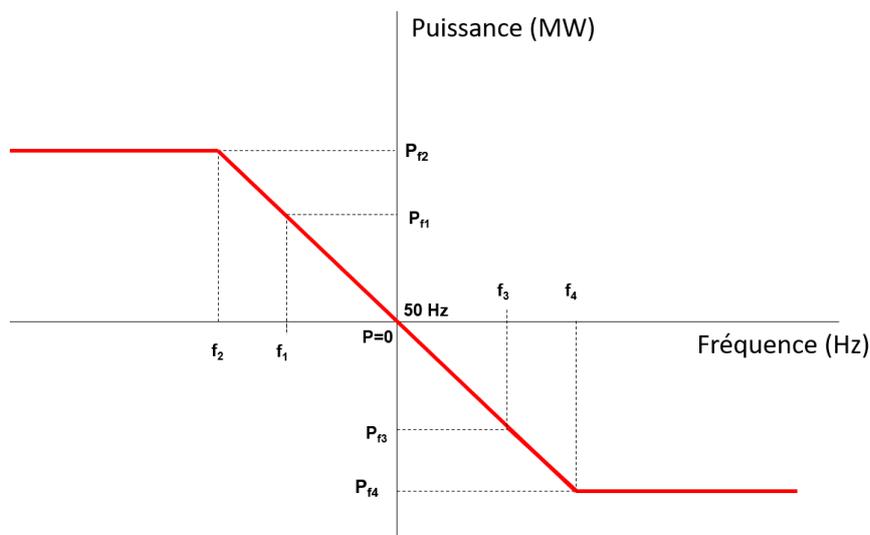


Figure 2 - caractéristique  $P=f(f)$  valable durant l'incident de fréquence

Lorsque le stockeur reçoit une nouvelle télé-valeur de consigne (TVC), l'installation devra appliquer cette nouvelle consigne indépendamment de la fréquence du réseau. Si la fréquence venait à se situer en dehors de la plage  $[f_1 ; f_3]$ , à l'application de la nouvelle TVC, l'installation rebascule en réglage de fréquence selon la loi décrite précédemment, avec pour référence  $P_0$  la nouvelle consigne.

Lorsque la fréquence sort de la plage  $[f_1 ; f_3]$ , il n'est ni attendu, ni autorisé de la part du stockeur le maintien du stock courant jusqu'à réception d'une nouvelle TVC.

La contribution au réglage de fréquence est attendue uniquement lorsque le niveau de stock le permet. La gestion de l'anticipation de l'atteinte des stocks min ou max lors d'une sollicitation en réglage de fréquence doit rester conforme au paragraphe 2.2.2.

La loi de commande ou ses paramètres pourront évoluer sur la durée de vie d'installation. Le stockeur devra intégrer ces nouveaux réglages au plus tard un mois après la demande du gestionnaire de réseau.

### 2.1.3.2. Temps de réponse

Par construction, le système de stockage interfacée par électronique de puissance doit avoir la capacité, en réponse à tout échelon de fréquence, de faire varier sa puissance entre les puissances maximum de soutirage et d'injection :

- en moins de 250 ms pour pouvoir prétendre à la valorisation de la réserve rapide,
- en moins de 1000 ms sinon

Pour les systèmes de stockage à base de machine synchrone, le stockeur précisera le volume de réserve libérable dans le respect des exigences des référentiels SEI Réf 01 et 02 en vigueur.

Ce temps de réponse démarre au moment du franchissement du seuil de fréquence  $f_1$  ou  $f_3$  et inclut :

- le délai de mesure de la fréquence ;
- le temps de calcul puis d'envoi de la puissance de consigne à la chaîne de conversion de puissance ;
- et enfin le temps d'établissement effectif de cette puissance sur le réseau électrique (*i. e.* au niveau du point de livraison du système).

L'établissement effectif de la puissance au niveau du point de livraison est illustré par le schéma indiqué ci-dessous pour une injection de puissance.

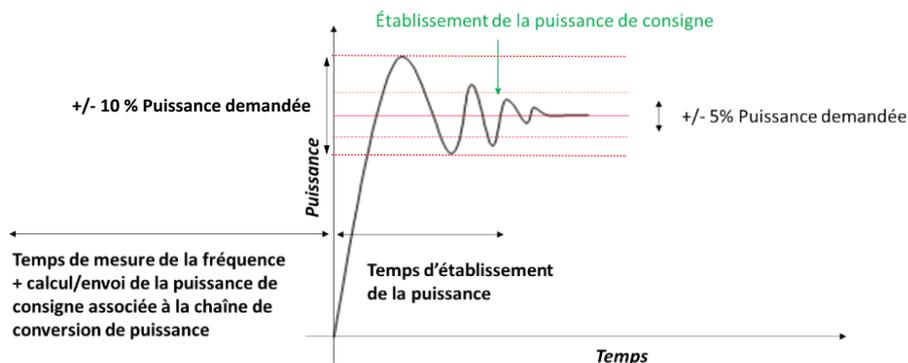


Figure 3 - La puissance est considérée comme établie lorsque les oscillations de puissance éventuelles restent comprises dans un intervalle entre +/- 5% de la puissance demandée. Les oscillations de puissance devront de manière générale être comprises dans un intervalle entre +/- 10% de la puissance demandée.

Les exigences relatives au temps de réponse s'appliquent quelle que soit la puissance demandée.

En fonction du retour d'expérience et de l'impact de cette réserve sur le système, le gestionnaire pourra demander au stockeur, au cours de l'exploitation du système de stockage, d'ajouter à ce temps de réponse un retard de type premier ordre avec une constante de temps paramétrable entre 10 ms et 500ms. Ce retard devra être implémenté sous un mois sous la responsabilité du stockeur. Une fois la modification réalisée, un essai de réception simplifié par rapports aux essais avant mise en service industriel sera réalisé.

#### 2.1.4. Apport d'inertie pour les machines synchrones

Dans le cas où le stockeur utilise des technologies apportant de l'inertie mécanique raccordée au réseau de façon synchrone, il précisera l'énergie cinétique (exprimée en MW.s) apportée au système. Celle-ci sera valorisée dans la limite d'un apport inférieur à 5 fois la puissance apparente (exprimée en MVA) des machines synchrones constitutives de l'installation.

#### 2.1.5. Fonctionnement en grid-forming (source de tension) pour les onduleurs

Les stockages interfacés par des onduleurs (stockage électro-chimique par exemple) devront être conçus pour pouvoir fonctionner en grid-forming (source de tension) sur demande du gestionnaire de réseau durant la durée de vie de l'installation, et sans surcoût pour le gestionnaire de réseau. Les transitions seront planifiées par le gestionnaire de réseau et pourront être réalisées avec un arrêt/démarrage si nécessaire. Pour permettre le fonctionnement en grid-forming, le stockeur se sera

assuré qu'en cas d'appel de puissance pouvant amener l'installation au-delà de sa saturation en courant, une stratégie de gestion sera mise en œuvre pour éviter le déclenchement de l'installation.

## 2.2. Dimensionnement électrique

### 2.2.1. Caractéristiques du stockage

Le stockeur devra garantir les caractéristiques suivantes sur la durée contractuelle :

- *Puissance d'injection* : la puissance nette contractuelle en injection sera définie à la centaine de kW près.
- *Puissance de soutirage* : la puissance nette contractuelle de soutirage ne pourra être inférieure à 50% de la puissance nette contractuelle en injection, et sera définie à la centaine de kW près.
- *Stock utile* : pour que le service de réserve soit valorisé, la puissance nette contractuelle en injection doit pouvoir être maintenue de façon continue durant au moins une demi-heure.
- *Nombre de cycles équivalents complets* : le stockeur devra proposer un nombre de cycles équivalents complets annuel supérieur ou égal à 400. 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 restera inférieur au nombre d'années écoulées fois le nombre de cycles équivalent complet annuel contractuel.

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 apparaît adapté.

Afin d'assurer une disponibilité optimale de la réserve dans le système électrique, sa répartition sur plusieurs sites est nécessaire. Ainsi pour chaque projet seuls 5 MW de réserve seront valorisés. Il sera toutefois attendu une participation à hauteur de la puissance nette contractuelle en injection ou en soutirage. Par exemple, pour un système de stockage de 12 MW de puissance en injection et en soutirage, la quantité de réserve valorisable sera comptabilisée à 5 MW. Les conditions de raccordement pour la valorisation du service de réserve sont précisées au paragraphe 3.

Il ne sera pas admis de contraintes de charge/décharge sur l'enchaînement des cycles de charges décharges.

Le stockeur devra s'engager sur un niveau de rendement avec et sans ses auxiliaires sur toute la durée de vie de l'installation. Ce rendement sera évalué au point de livraison.

Le stockeur devra s'engager sur toute la durée de vie de l'installation sur les caractéristiques définies dans la délibération CRE n°2023-013 avec notamment :

*Tableau 1 – Extrait des caractéristiques techniques contractuels –délibération n°2023-13*

Temps de réponse en injection	ms
Temps de réponse en soutirage	ms
Capacité énergétique utile du stockage	MWh
Puissance électrique nette (en injection)	MW
Puissance électrique nette (en soutirage)	MW
Puissance maximale des auxiliaires	MW
Consommation annuelle des auxiliaires	MWh
Rendement net de l'Installation (incluant la consommation des auxiliaires)	%
Durée de vie de référence de l'Installation	En année
Nombre de Cycles équivalents complets maximal par an	Nombre

### 2.2.2. Gestion du stock

Le stockeur devra implémenter une solution permettant de conserver l'état de charge de l'installation entre deux consignes envoyées par le gestionnaire de réseau, par exemple pour gérer l'autodécharge de son stock ou l'alimentation de ses auxiliaires. Si l'installation n'injecte pas ou ne soutire pas sur le réseau, le stock contractuel laissé par le gestionnaire de réseau doit être maintenu. Des injections ou soutirages de quelques kW<sup>2</sup>, dans la bande de tolérance qui sera indiquée dans le contrat liant le stockeur à l'Acheteur, permettront au stockeur de disposer des moyens nécessaires au maintien de l'état de charge.

L'énergie associée à ces injections/soutirages sera prise en compte dans l'évaluation du rendement l'installation.

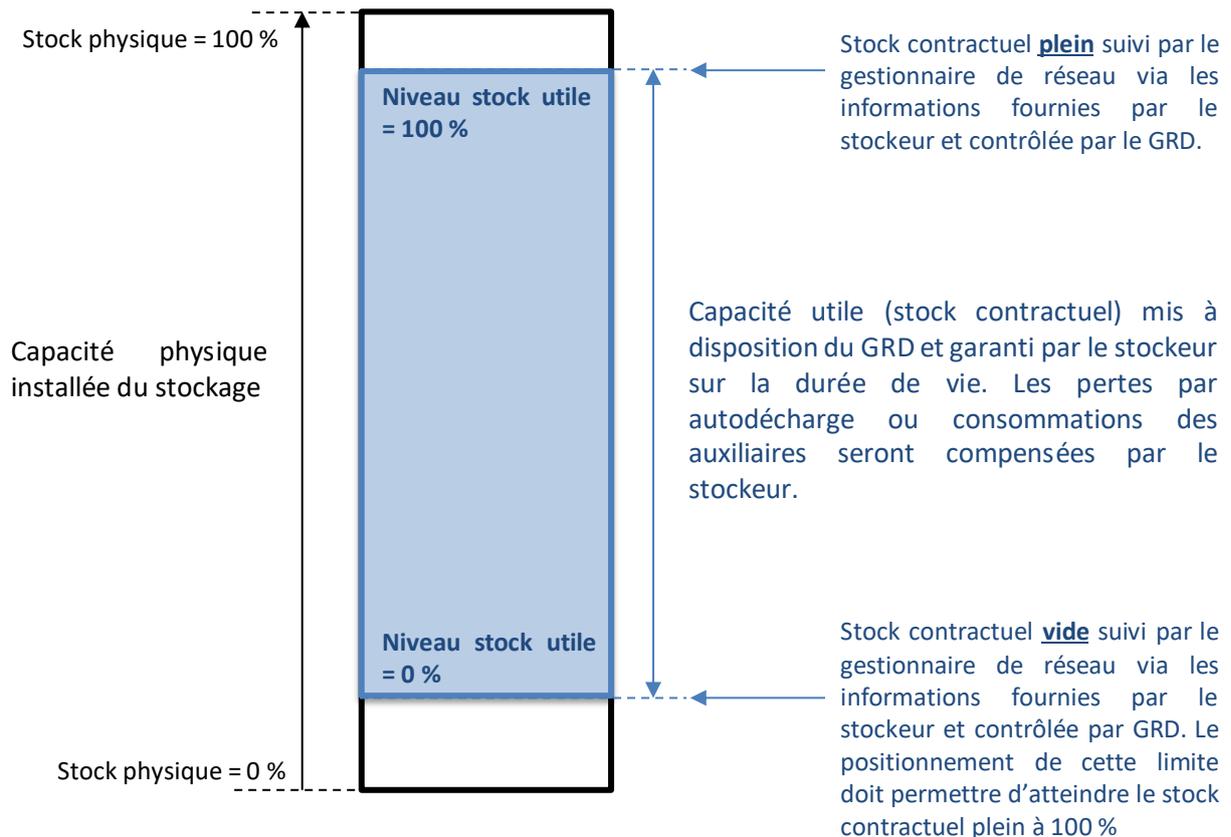


Figure 4 - Gestion du stock contractuel

Lors d'une consigne en injection (resp. soutirage), le stockeur devra anticiper l'atteinte d'un niveau de stock utile à 0 % (resp. 100 %) susceptible de conduire à un arrêt brutal de l'injection (resp. soutirage). Lorsque cette situation se présente, le stockeur maintient la consigne autant que possible et devra diminuer dans les derniers instants avant l'atteinte du stock vide (resp. plein) la consigne d'injection (resp. soutirage) selon un gradient de 4 MW/min. Les modalités seront précisées en accord avec le gestionnaire de réseau dans la convention d'exploitation de l'installation. L'atteinte d'un stock vide n'exonère pas le stockeur interfacé par électronique de puissance de sa contribution à l'absorption ou à la fourniture d'énergie réactive.

### 2.3. Maintenance et disponibilité du système

<sup>2</sup> Les contrats d'achat pourront autoriser le stockeur à s'écarter de la consigne de puissance du maximum entre 10% de la Pmax et 0,5 MW

Le stockeur devra s'assurer d'une disponibilité maximale en puissance d'injection, de soutirage et en stock, durant toute la durée de vie de l'installation. La disponibilité de l'installation est donc fonction à la fois de sa capacité à injecter et soutirer l'électricité, et de la disponibilité de son stock. Les niveaux d'engagement de performances et les modalités de contrôle de cette disponibilité et des performances de l'installation seront précisés dans le contrat liant le stockeur à l'Acheteur.

Le système de stockage pourra se déclarer partiellement disponible en puissance ou en énergie, ce qui impactera son taux de disponibilité. En cas d'indisponibilité fortuite, le stockeur devra transmettre, dès détection, une alerte au dispatching.

Les périodes de maintenance programmées devront être définies en étroite collaboration avec le gestionnaire de réseau suivant les modalités prévues dans le contrat liant le stockeur et l'Acheteur.

### 3. Raccordement et environnement

#### 3.1. Environnement et normes

Le stockeur devra s'assurer de la compatibilité des équipements avec les normes techniques et environnementales et les textes en vigueur ainsi qu'avec les spécificités géographiques du climat et de la faune de la zone considérée.

#### 3.2. Raccordement de l'installation

Le système sera raccordé au réseau public de distribution d'électricité.

Pour les projets dont le service de réserve rapide est valorisé dans le cadre du guichet, le raccordement des installations se fera 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. Les projets raccordés 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 ne pourront pas prétendre à faire valoriser le service de réserve. Des informations relatives au caractère favorable des zones de raccordement et aux antennes structurelles HTB sont précisées en open-data.

La demande de raccordement du système de stockage fera l'objet d'une instruction similaire à celles effectuées pour les autres moyens de production et de consommation raccordés au réseau.

#### 3.3. Protections et comportement sur défaut

Le système de stockage sera conforme aux référentiels EDF SEI applicables sur le territoire, notamment en matière de tenue aux variations exceptionnelles de tension ou de fréquence. Des tests aléatoires pourront être réalisées par le gestionnaire de réseau afin de contrôler les performances 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.

Afin de permettre la contribution à la stabilité du système, pour toute installation de stockage raccordée sur un départ dédié production, les textes des alinéas II et III de l'article 59 de l'arrêté du 9 juin 2020 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement aux réseaux d'électricité sont repris et adaptés comme suit pour les installations de stockage :

- Alinéa II :
  - Le texte suivant : « *Toute installation de production raccordée au réseau via une interface à électronique de puissance dont la puissance  $P_{installée}$  est supérieure ou égale à 10 kVA doit cesser l'injection de courant en moins de 100 ms après que la tension au point de raccordement de l'installation ait chuté sous 0.8 (+ 0/- 0,1) Un* »
  - Est ainsi adapté : « *Toute installation de stockage raccordée au réseau via une interface à électronique de puissance en départ dédié production doit cesser l'injection de courant en moins de 100 ms après que la tension*

*au point de raccordement de l'installation a chuté sous 0.2 (+0/- 0,1) Un. La baisse de puissance active délivrée par l'installation lorsque la tension chute sous 0.8\*Un ne doit pas excéder en pourcent le ratio de baisse de tension. »*

- Alinéa III :
  - Le texte suivant : « *Toute installation de production relevant du II doit retrouver en moins de 100 ms un niveau de production de puissance active à +/- 10 % de la puissance active produite avant le creux lorsque la tension au point de raccordement revient au-dessus de 0.85 (+ 0/- 0,1) Un. »*
  - Est ainsi adapté : « *Toute installation de production relevant du II doit retrouver en moins de 100 ms un niveau de production de puissance active à +/- 10 % de la puissance active produite avant le creux lorsque la tension au point de raccordement revient au-dessus de 0.25 (+0/- 0,1) Un. La baisse de puissance active délivrée par l'installation lorsque la tension est inférieure sous 0.8\*Un ne doit pas excéder en pourcent le ratio de baisse de tension. »*

Ces modifications n'impactent pas les autres exigences de l'article 59, notamment l'alinéa IV.

Le stockeur est responsable de la protection de son installation. A ce titre, il doit veiller à ce qu'un défaut électrique sur son installation ou en provenance du réseau n'endommage pas le système de stockage, incluant le point de livraison (PDL). Il devra s'assurer que les réglages de son dispositif de protection sont conformes avec les exigences de fonctionnement du système de stockage.

Il est à noter qu'en cas de perte de la tension aux bornes de l'installation, le système de stockage devra être en mesure d'alimenter les auxiliaires et les équipements de sécurité nécessaires à son bon fonctionnement et à la non-dégradation des matériels.

Le stockeur devra démontrer sa conformité aux exigences attendues avant la mise en service industriel de son installation.

## 4. Télé-conduite du système de stockage

Le système de stockage devra pouvoir être télécommandé à la fois à distance par le gestionnaire de réseau et être pilotable par le stockeur sur consigne du gestionnaire de réseau via message collationné. Il sera interfacé avec les outils de conduite du système électrique.

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

- Table de d'interopérabilité IEC 60870-5-104 (IEC 104) de l'outil de conduite et cahier de test protocolaire
- Plan des télé-informations à échanger entre l'outil de conduite 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 IEC104 fourni au stockeur lors des essais de mise en service de l'installation.
- La matrice des flux pour les échanges IEC104 entre l'installation et l'outil de conduite

Le plan de télé-information pourra faire l'objet de modification à la demande du gestionnaire de réseau au cours de la durée de vie du projet.

Des tests points à points devront être réalisés, à la charge du stockeur, pour chaque télé-information échangée entre le contrôle-commande local et les équipements de conduite du dispatching, et ce avant la mise en service de l'équipement.

### 4.1.1. Protocole de communication

La connexion entre le système de stockage et les équipements SCADA/EMS du dispatching se fera en protocole IEC104 via une liaison dédiée. Les échanges devront également intégrer la norme IEC61850.

Les informations échangées avec le SCADA/EMS du dispatching seront celles nécessaires à la conduite telles que définies par le gestionnaire de réseau.

L'ensemble des informations associées aux systèmes de stockage devront être enregistrées et historisées en local par le stockeur avec un historique d'au moins [à définir lors de la concertation] mois.

### 4.1.2. Support de communication

Un support de communication doit être mis en place entre l'installation et le réseau informatique industriel d'EDF SEI.

Cette voie de communication est à mettre en place par le porteur de projet. Il doit s'agir :

- Pour les installations bénéficiant d'un départ direct : d'un lien fibre optique dédié, tiré entre l'installation 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.
- Pour les installations raccordées sur un 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.

#### 4.1.2.1. Passerelle de communication

La passerelle de communication avec l'outil de conduite est à fournir par le porteur de projet.

Elle devra comporter une alimentation secourue vis-à-vis du réseau électrique.

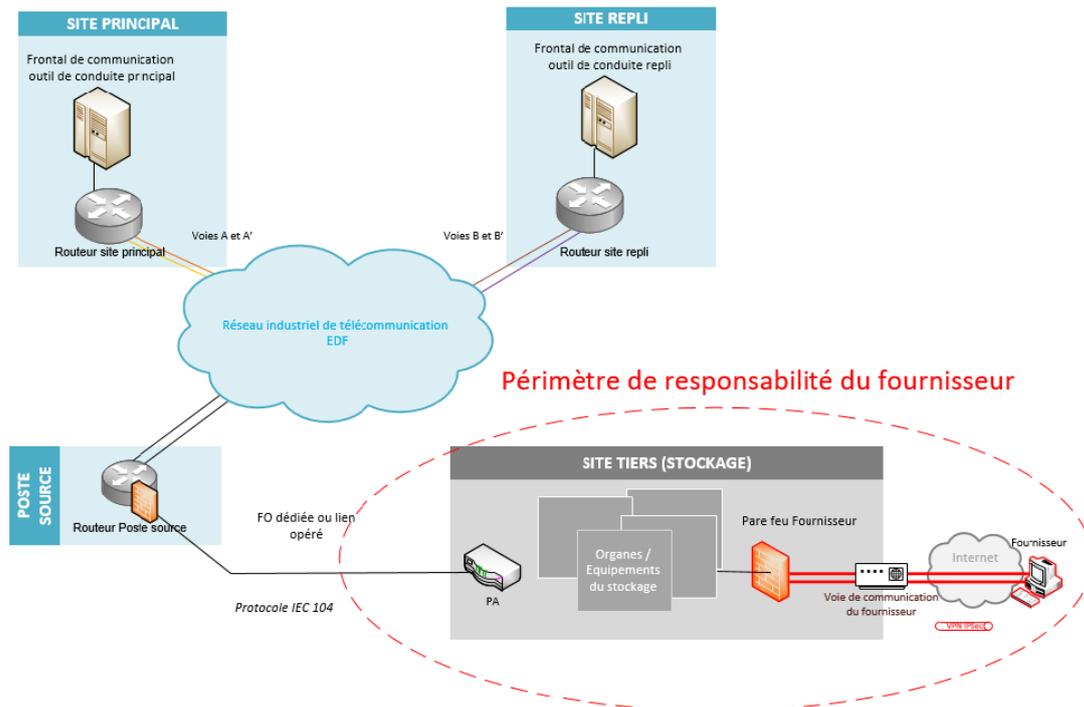


Figure 5 - Schéma de l'architecture de communication

La passerelle IEC 104 de l'installation de stockage doit comporter deux voies physiques (ports Ethernet) et quatre voies logiques pour permettre d'échanger avec le SCADA principal et le SCADA repli.

Le port d'administration de l'installation de stockage doit être dédié à l'administration par le porteur de projet et dissocié des ports utilisés pour la conduite IEC104.

Des précisions techniques supplémentaires seront apportées aux stockeurs lauréats du guichet.

#### 4.1.2.2. Sécurisation des communications

L'architecture mise en place devra respecter les préconisations de l'ANSSI en matière d'informatique

industrielle et de cybersécurité.

### 4.1.3. Echanges d'informations

Le stockeur devra mettre à disposition les informations nécessaires au pilotage de l'installation en temps réel, ainsi qu'au suivi contractuel de la disponibilité et des performances de l'installation. Les données de puissance et d'énergie devront être issues de dispositifs certifiés MID (Measuring Instruments Directive).

La liste des télé-informations (y compris tous les éléments liés à la sécurité du système, les alarmes & autodiagnostic, l'état de charge etc.) à échanger avec le SCADA/EMS du dispatching sera définie dans la convention de raccordement. Le plan de télé-informations pourra faire l'objet de modification à la demande du gestionnaire de réseau sur la durée de vie de l'installation.

## 5. Essais et Mise en service industriel (MSI)

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.

### 5.1. Essais

Des essais sur l'installation devront être réalisés avant la mise en service industriel de l'installation.

#### 5.1.1. Essais télé-conduite

La validation de la télé-conduite des installations de stockage est réalisée grâce à une série de tests usine (FAT) et sur site (SAT).

##### 5.1.1.1. Test usine (FAT)

La qualification de la bonne communication entre l'installation de stockage et l'outil de conduite sera réalisée via des tests pour la validation protocolaire entre l'outil de conduite et le poste asservi 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 IEC 104 entre l'outil de conduite (SYSCODOM) 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).

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.

##### 5.1.1.2. Test sur site (SAT)

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

Au préalable de la SAT, EDF SEI informera le porteur de projet des adresses IP à utiliser pour la passerelle de communication IEC 104.

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

Les tests sur site seront à la charge du stockeur.

#### 5.1.2. Essais système avant la mise en service industriel

Le stockeur réalisera à ses frais les essais système annexés au présent cahier des charges. Si le

comportement de l'installation n'est pas conforme aux critères de validation des essais, le stockeur ne pourra pas déclarer la mise en service de son installation. Des modifications sur les fiches essais pourront intervenir d'ici le début de la phase d'essais de l'installation.

### **5.1.1. Tenue de l'installation aux variations de fréquences et de tensions**

Il ne sera pas procédé à une vérification systématique 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 de l'installation, que les performances en matière de tenue aux variations de fréquences et de tensions conformément au paragraphe 3.3 et aux référentiels SEI REF ne sont pas respectées, 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 GRD. En cas d'écart persistant, le gestionnaire pourra suspendre le contrat d'accès au réseau.

## **5.2. Mise en service industriel**

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.

# **6. Performance et contrôle**

## **6.1. Instrumentation**

En complément des systèmes de comptage de l'énergie injectée ou soutirée par le système, un outil de perturbographie, sera spécifié et installé au point de livraison par le gestionnaire du système électrique afin de vérifier les performances de l'installation.

## **6.2. Contrôle des performances**

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 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

## 7. Annexes : Fiches d'Essais avant la mise en service industriel

<p><b>FICHE N° 1 : RÉGULATION PRIMAIRE DE TENSION CAPACITES EN PUISSANCE REACTIVE</b></p>
<p><b>Principes généraux</b></p> <p>Les installations de production ou de stockage d'énergie électrique possédant une interface à base d'électronique de puissance entre la machine électrogène proprement dite et le réseau ont la capacité de contrôler, indépendamment de la puissance active, la puissance réactive fournie ou consommée par action sur les interrupteurs statiques des onduleurs en interface avec le réseau. Il est donc possible de contrôler la tension du point de livraison au moyen d'un régulateur automatique de tension.</p> <p>La régulation de la tension ne peut être réalisée que dans les limites constructives des installations liées principalement au dimensionnement des onduleurs.</p> <p>Elles induisent des limitations de fourniture et d'absorption de puissance réactive qui délimitent les différents diagrammes <math>[U, Q] = f(P)</math> de l'installation. Ces diagrammes décrivent donc le domaine dans lequel l'installation peut participer au réglage de la tension.</p>
<p><b>But des essais</b></p> <p>Le but des essais est de vérifier la capacité de fourniture ou d'absorption de puissance réactive au point de livraison dans l'intervalle <math>[Q_{\min} ; Q_{\max}]</math> ; et que l'atteinte d'un stock vide ou plein ne modifie pas la contribution en énergie réactive des installations interfacées par électronique de puissance.</p> <p>Pour les installations raccordées de façon synchrone, les essais ci-après seront à réaliser sans atteinte d'un stock vide ou plein durant les essais.</p>
<p><b>Description des essais</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Essai 1</b> : Installation à puissance active <math>P \geq 40\%</math> de <math>P_{\max}</math> et initialement <math>Q = 0</math> au point de livraison : modification de la consigne de la régulation primaire de tension pour tenter d'atteindre la limitation d'absorption de réactif, <math>Q_{\min}</math>, dans la limite de la plage normale de tension au point de livraison et maintien à <math>Q = Q_{\min}</math> au point de livraison pendant 20 minutes.</li> <li>2. Essai 1bis : idem essais 1 mais avec installation en soutirage avec <math>P &lt; -0,4 \cdot P_{\max}</math></li> <li>3. <b>Essai 2</b> : Installation à puissance active <math>P \geq 40\%</math> de <math>P_{\max}</math> et initialement <math>Q = 0</math> au point de livraison : modification de la consigne de la régulation primaire de tension pour tenter d'atteindre la limitation de fourniture de réactif, <math>Q_{\max}</math>, dans la limite de la plage normale de tension au point de livraison et maintien à <math>Q = Q_{\max}</math> au point de livraison pendant 20 minutes.</li> <li>4. Essai 2bis : idem essai 2 mais avec installation en soutirage avec <math>P &lt; 40\% P_{\max}</math></li> </ol>
<p><b>Conditions de réalisation</b></p> <p>Les essais doivent être programmés et réalisés en liaison avec le Gestionnaire du Réseau.</p> <p>Le transformateur élévateur de l'installation est sur sa prise nominale.</p>
<p><b>Spécifications du Gestionnaire du Réseau</b></p> <p>La fréquence d'échantillonnage est au moins égale à 50 Hz, avec un filtrage de type passe-bas coupant à 10 Hz.</p>

### Résultats à communiquer par le Stockeur

- Procédure d'essais décrivant les étapes réalisées, les conditions d'essai, les points de mesure.
- Enregistrement des grandeurs suivantes pour chacun des essais :
  - tension efficace au point de livraison ;
  - puissance active échangée par l'installation en essai au point de livraison ;
  - puissance réactive échangée avec le réseau au point de livraison ;
  - consigne du régulateur de tension de l'installation ;
- Nature et valeur des limitations atteintes à  $Q_{\min}$  et  $Q_{\max}$ , et les valeurs de P et  $U_{PDL}$  correspondantes.

### Critères de conformité

1. L'installation peut fonctionner à  $Q_{\min}$  et  $Q_{\max}$  de façon stable et non oscillante pendant 20 minutes.
2. Les valeurs de  $Q_{\min}$  et  $Q_{\max}$  doivent être conformes aux diagrammes [U, Q] de l'installation, et les limitations atteintes au cours des essais doivent être cohérentes avec celles indiquées sur ces mêmes diagrammes [U, Q].

**FICHE N° 2 : RÉGULATION PRIMAIRE DE TENSION STABILITE**

**Principes généraux**

Une installation de production ou de stockage couplée au réseau est soumise à divers aléas : modification de son point de consigne en puissance active ou en puissance réactive, variations de la consommation, déclenchement d'autres moyens de production ou de stockage, déclenchement d'ouvrages réseau, courts-circuits, ... Ces aléas ont pour conséquence des modifications du point de fonctionnement en régime permanent des machines électrogènes, accompagnées de régimes transitoires plus ou moins oscillants.

Afin d'avoir un fonctionnement stable du système électrique, il faut que ces régimes transitoires oscillants soient rapidement amortis. En effet, des oscillations mal amorties ou divergentes, au mieux, affectent la qualité de l'onde de tension, au pire, peuvent conduire au déclenchement de l'installation voire à l'extension de ces oscillations à d'autres installations de production ou de stockage, ce qui peut être préjudiciable à l'équilibre production-consommation.

**But des essais**

Le but des essais est de vérifier les points suivants :

- la capacité de fonctionner de façon stable lors de variations en petits mouvements des grandeurs électriques ;
- la capacité de façon stable lors de variations en grands mouvements des grandeurs électriques (hors stabilité sur court-circuit).

**Description des essais**

- **Essai 1** : Installation à puissance active  $P \geq 40\%$  de  $P_{max}$  et  $Q = 0$  au point de livraison dans la mesure du possible compte tenu de la configuration du réseau (la tension doit rester dans la plage normale) : échelon de +2 % sur la consigne de la régulation primaire de tension, maintien pendant a minima 10 min.
- Essai 1bis : idem essai 1 mais installation en soutirage avec  $P < -40\%$   $P_{max}$
- **Essai 2** : Installation à puissance active  $P \geq 40\%$  de  $P_{max}$  et  $Q = Q_{max}$  au point de livraison dans la mesure du possible compte tenu de la configuration du réseau (la tension doit rester dans la plage normale) : échelon de -2 % sur la consigne de la régulation primaire de tension, maintien pendant a minima 10 min, puis échelon de +2 % sur la consigne de la régulation primaire de tension, maintien pendant a minima 10 min.
- Essai 2 bis : idem essai 2 mais installation en soutirage avec  $P < -40\%$   $P_{max}$
- **Essai 3** : Installation à puissance active  $P \geq 40\%$  de  $P_{max}$  et  $Q = 0$  au point de livraison dans la mesure du possible compte tenu de la configuration du réseau (la tension doit rester dans la plage normale) : échelon de -2 % sur la consigne de la régulation primaire de tension, maintien pendant a minima 10 min.
- Essai 3bis : idem essai 3 mais installation en soutirage avec  $P < -40\%$   $P_{max}$
- **Essai 4** : Installation à puissance active  $P \geq 20\%$  de  $P_{max}$  et  $Q = -Q_{max}$  au point de livraison dans la mesure du possible compte tenu de la configuration du réseau (la tension doit rester dans la plage normale) : échelon de +2 % sur la consigne de la régulation primaire de tension, maintien pendant a minima 10 min, puis échelon de -2 % sur la consigne de la régulation primaire de tension, maintien pendant a minima 10 min
- Essai 4bis : idem essai 4 mais installation en soutirage avec  $P < -40\%$   $P_{max}$
- **Essai 5** : Installation à puissance active  $P \geq 40\%$  de  $P_{max}$  et  $Q = 0$  au point de livraison dans la mesure du possible compte tenu de la configuration du réseau (la tension doit rester dans la plage normale) : modification par le le Gestionnaire du Réseau de la tension au point de livraison.
- Essai 5bis : idem essais 5 mais installation en soutirage avec  $P < -40\%$   $P_{max}$

### Conditions de réalisation

Les essais doivent être programmés et réalisés en liaison avec le Gestionnaire du Réseau.

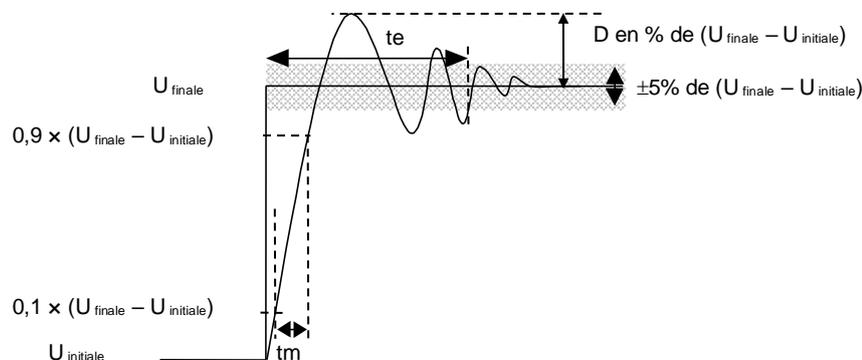
Le transformateur élévateur de l'installation est sur sa prise nominale.

### Spécifications du Gestionnaire du Réseau

La fréquence d'échantillonnage est au moins égale à 50 Hz, avec un filtrage de type passe-bas coupant à 10 Hz.

### Résultats à communiquer par le Stockeur

- Procédure d'essais décrivant les étapes réalisées, les conditions d'essai, les points de mesure.
- Enregistrement des grandeurs suivantes pour chacun des essais :
  - tension efficace au point de livraison ;
  - puissance active échangée par l'installation en essai au point de livraison ;
  - puissance réactive échangée avec le réseau au point de livraison ;
  - tension de consigne du régulateur de tension du groupe ;
- Pour les essais 1, 1b, 2, 2b, 3, 3b, 4 et 4b calcul des données suivantes :



- Temps d'établissement,  $t_e$ , à  $\pm 5\%$  de  $(U_{finale} - U_{initiale})$
- Temps de montée,  $t_m$ , entre 10 % et 90 % de  $(U_{finale} - U_{initiale})$ .
- Dépassement,  $D$  : différence entre la valeur maximale de  $U_s$  et  $U_{s\ finale}$ , rapportée à  $(U_{finale} - U_{initiale})$ .
- Ecart statique (noté  $e^1\%$ ) entre la grandeur asservie injectée dans le régulateur de tension et la consigne du régulateur de tension :
- Temps d'amortissement de la puissance active au point de livraison à  $\pm 1\%$  de sa valeur finale.
- Pour les essais 5 et 5b :
  - Temps d'amortissement de la puissance électrique à  $\pm 5\%$  de sa valeur finale.

### Critères de conformité

Pour les essais 1, 1b, 2, 2b, 3, 3b, 4 et 4b (échelons de consigne de tension) :

- L'unité de production ne doit pas perdre la stabilité pour les essais d'échelon de consigne ;
- Le temps d'établissement,  $t_e$ , doit être inférieur à 15 s ;
- Le temps de montée,  $t_m$ , doit être compris entre 3 s et 5 s ;
- Le dépassement,  $D$ , doit être inférieur à 10 % ;
- L'écart statique,  $\varepsilon'$ %, doit être inférieur à 0,2 % ;
- Le temps d'amortissement de la puissance électrique au point de livraison à  $\pm 1$  % de sa valeur finale doit être inférieur à 10 s.

Pour les essais 5 et 5b :

- L'installation de production doit rester stable sur report de charge (pas de perte de synchronisme et/ou pas de déclenchement sur une protection de l'installation).
- Le temps d'amortissement de la puissance électrique au point de livraison à  $\pm 5$  % de sa valeur finale doit être inférieur à 10 s.

Fiche n°3 : REGULATION DE FREQUENCE

### Principes généraux : rappel des exigences

Les exigences sont décrites au paragraphe 2.1.3 du présent document.

### Condition de réalisation des essais :

Comme spécifié dans la documentation technique de référence du gestionnaire du réseau SEI REF 02, le régulateur fréquence/puissance du stockage dispose d'une entrée analogique externe pour permettre la réalisation des essais de vérification de performance.

Deux possibilités sont offertes au stockeur pour réaliser les essais 1 à 5 afin de s'affranchir des variations naturelles de la fréquence :

- soit l'entrée analogique externe du régulateur fréquence/puissance est utilisée à la place de la mesure de fréquence et les injections d'échelons sont réalisées à partir d'un signal de base simulant le 50 Hz
- soit une bande morte de +/- 10 Hz est prévue sur la mesure de fréquence et les injections d'échelon sont réalisées à partir d'un signal de base à 0

Par la suite les valeurs des échelons doivent être comprises comme relatives par rapport au signal de base sur l'entrée analogique externe du régulateur.

Le paramétrage de la régulation doit être la suivante pour les essais 1 à 5 :

f1 = 49.6 Hz ; f2 = 49 Hz ; f3 = 50,4 Hz ; f4 = 51 Hz

Le paramétrage de la régulation doit être la suivante pour l'essai 6 :

f1 = 49.9 Hz ; f2 = 49 Hz ; f3 = 50,1 Hz ; f4 = 51 Hz

L'énergie réglante K du système de stockage sera ainsi fixée à Pmax/Hz.

La fréquence d'échantillonnage est au moins égale à 50 Hz.

Par convention, lorsque le stockage sera en décharge la puissance active sera comptabilisée positivement, le contraire en charge.

Les essais doivent être programmés et réalisés en liaison avec le Gestionnaire du Réseau.

### Description des essais

- **Essai 1** : Stockage pleinement chargé, injection d'un échelon de fréquence en entrée du régulateur,  $\Delta f$ , de - 1 Hz jusqu'à décharge complète du stock contractuel. Puis suppression de l'échelon de fréquence et attente 5 minutes. Puis injection d'un échelon de fréquence en entrée du régulateur,  $\Delta f$ , de + 1 Hz jusqu'à recharge complète du stock contractuel.

→ Critères de conformité :

- ✓ Lors de l'application de chaque échelon, le temps au bout duquel la puissance active entre sans en ressortir dans une bande centrée sur Pmax décharge (resp. charge) et dont la largeur est égale à 10 % de Pmax décharge (resp. charge) doit être inférieur au temps de réponse contractuel.
- ✓ La puissance active injectée (resp. soutirée) doit rester dans la bande spécifiée ci-dessus durant toute la décharge (resp toute la charge).
- ✓ A aucun moment la puissance active injectée (resp. soutirée) ne doit dépasser 110 % de Pmax décharge (resp. charge)
- ✓ La baisse de puissance injectée (resp. soutirée) lors de l'atteinte d'un stock vide (resp plein) ne doit pas présenter de gradient supérieur en valeur absolue à 4 MW/min
- L'énergie déchargée ne doit pas être inférieure à 100% du stock contractuel

- Le rendement du stockage énergie déchargée / énergie rechargée doit être supérieur au rendement contractuel.
- **Essai 2** : Installation pleinement chargée, injection d'un échelon de fréquence en entrée du régulateur,  $\Delta f$ , de  $-402.5$  mHz durant 5 minutes puis retrait de l'échelon.

→ Critères de conformité :

- ✓ Suite à l'injection de l'échelon le temps au bout duquel la puissance active injectée entre sans en ressortir dans une bande centrée sur  $0.4 \cdot P_{\max}$  décharge et dont la largeur est égale à 10 % de  $P_{\max}$  décharge doit être inférieur au temps de réponse contractuel.
- ✓ La puissance active injectée doit rester dans la bande spécifiée ci-dessus durant toute la durée de maintien de l'échelon.
- ✓ A aucun moment la puissance active injectée ne doit dépasser 45 % de  $P_{\max}$  décharge
- ✓ Suite au retrait de l'échelon le temps au bout duquel la puissance entre sans en ressortir dans une bande centrée sur 0 et dont la largeur est égale à 10 % de  $P_{\max}$  décharge doit être inférieur au temps de réponse contractuel.
- **Essai 3** : Injection d'un échelon de fréquence en entrée du régulateur,  $\Delta f$ , de  $+402.5$  mHz durant 5 minutes puis retrait de l'échelon.

→ Critères de conformité :

- ✓ Suite à l'injection de l'échelon le temps au bout duquel la puissance active soutirée entre sans en ressortir dans une bande centrée sur  $0.4 \cdot P_{\max}$  charge et dont la largeur est égale à 10 % de  $P_{\max}$  charge doit être inférieur au temps de réponse contractuel.
- ✓ La puissance active soutirée doit rester dans la bande spécifiée ci-dessus durant toute la durée de maintien de l'échelon.
- ✓ A aucun moment la puissance active soutirée ne doit dépasser 45 % de  $P_{\max}$  charge
- ✓ Suite au retrait de l'échelon le temps au bout duquel la puissance entre sans en ressortir dans une bande centrée sur 0 et dont la largeur est égale à 10 % de  $P_{\max}$  charge doit être inférieur au temps de réponse contractuel.

- **Essai 4** : Injection d'un échelon de fréquence en entrée du régulateur,  $\Delta f$ , de  $-500$  mHz durant 5 minutes puis sans délai injection d'un échelon de  $+500$  mHz durant 5 minutes puis retrait de l'échelon

→ Critères de conformité :

- ✓ Suite à l'injection de l'échelon de  $-500$  mHz le temps au bout duquel la puissance active injectée entre sans en ressortir dans une bande centrée sur  $0.5 \cdot P_{\max}$  décharge et dont la largeur est égale à 10 % de  $P_{\max}$  décharge doit être inférieur au temps de réponse contractuel.
- ✓ La puissance active injectée doit rester dans la bande spécifiée ci-dessus durant toute la durée de maintien de l'échelon.
- ✓ A aucun moment la puissance active injectée ne doit dépasser 55 % de  $P_{\max}$
- ✓ Suite à l'injection de l'échelon de  $+500$  mHz le temps au bout duquel la puissance active soutirée entre sans en ressortir dans une bande centrée sur  $0.5 \cdot P_{\max}$  charge et dont la largeur est égale à 10 % de  $P_{\max}$  charge doit être inférieur au temps de réponse contractuel.
- ✓ La puissance active soutirée doit rester dans la bande spécifiée ci-dessus durant toute la durée de maintien de l'échelon.
- ✓ A aucun moment la puissance active soutirée ne doit dépasser 55 % de  $P_{\max}$  charge

- **Essai 5** : Injection d'un échelon de fréquence en entrée du régulateur,  $\Delta f$ , de  $-2$  Hz durant 5 minutes puis sans délai injection d'un échelon de  $+2$  Hz durant 5 minutes puis retrait de l'échelon

→ Critères de conformité :

- Suite à l'injection de l'échelon de  $-2$  Hz le temps au bout duquel la puissance active injectée entre sans en ressortir dans une bande centrée sur  $P_{max}$  décharge et dont la largeur est égale à 10 % de  $P_{max}$  décharge doit être inférieur au temps de réponse contractuel.
- La puissance active injectée doit rester dans la bande spécifiée ci-dessus durant toute la durée de maintien de l'échelon.
- A aucun moment la puissance active injectée ne doit pas dépasser 110 % de  $P_{max}$  décharge.
- Suite à l'injection de l'échelon de  $+2$  Hz le temps au bout duquel la puissance active soutirée entre sans en ressortir dans une bande centrée sur  $P_{max}$  charge et dont la largeur est égale à 10 % de  $P_{max}$  charge doit être inférieur au temps de réponse contractuel.
- La puissance active soutirée doit rester dans la bande spécifiée ci-dessus durant toute la durée de maintien de l'échelon.
- A aucun moment la puissance active soutirée ne doit dépasser 110 %  $P_{max}$  charge
- **Essai 6** : stock compris entre 50 et 80% de stock contractuel, action volontaire du gestionnaire du système afin de générer une variation de fréquence significative (et au-delà de la bande morte du stockage qui aura pour cet essai été ramenée à  $\pm 100$  mHz) et suivi du comportement du stockage jusqu'à l'envoi par le dispatching d'une nouvelle consigne de puissance.

→ Critères de conformité

- la puissance active injectée/soutirée par le stockage doit être inscrite dans un tunnel délimité par les lois  $L1(t) = -K \cdot \Delta f(t)$  et  $L2(t) = -K \cdot \Delta f(t - \text{temps de réponse contractuel})$  avec  $K$  énergie réglante du stockage. En cas de décharge (resp charge) au-delà du niveau de stock contractuel l'installation peut cesser l'injection (resp le soutirage) avec un gradient de réduction de puissance inférieur en valeur absolue à 4 MW/min.

Remarque : la loi L1 correspond à une réponse sur statisme sans aucun délai et la loi L2 correspond à la réponse sur statisme entachée d'un délai maximal équivalent au temps de réponse contractuel.

### Résultats à communiquer par le Stockeur :

- Procédure d'essais décrivant les étapes réalisées, les conditions d'essai avec les points de mesure.
- Enregistrement des grandeurs suivantes pour chacun des essais :
  - puissance active fournie ou consommée par l'installation de stockage ;
  - puissance réactive fournie ou consommée par l'installation ;
  - fréquence du réseau au point de livraison ;
  - consigne injectée artificiellement dans le régulateur fréquence /puissance ;
  - valeurs des critères d'évaluation (temps de réponse, durée de décharge, ..) pour chaque essai.

Les enregistrements doivent inclure les régimes permanents précédant (au moins pendant 20 s) et suivant (pendant au moins 60 s) les phases d'essais. Ils seront fournis sous format papier et informatique (par exemple fichiers Excel). Les graphiques doivent être légendés (échelles, grandeurs et unités, bases de temps) ; les échelles et les vitesses de défilement doivent être adaptées aux phénomènes enregistrés.

## 8. 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 informatiques

**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 point de livraison 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.

**Service de réserve rapide** : capacité à pouvoir injecter très rapidement de la puissance en cas par exemple de déficit de production, afin de stabiliser la fréquence du système et de limiter les besoins de coupure des clients (voir délestage) pour rétablir l'équilibre entre la consommation et la production.

**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