

Déconnexion des installations de production mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire dans les zones non interconnectées au réseau métropolitain continental

SEI REF 03

Identification : Documentation technique de référence – SEI REF 03

Version : V6

Nb de pages : 19

Version	Date d'application	Nature de la modification	Annule et remplace
1	01/06/2005	Version initiale	
2	15/01/2007	Intégration de l'arrêté du 27 octobre 2006	V1
3	11/09/2008	Prise en compte du décret n° 2008-386 du 23/04/2008 et de l'arrêté du 23/04/2008 relatif aux prescriptions techniques pour le raccordement d'une installation de production en HTA ou BT	V2
4	27/05/2010	Prise en compte de l'arrêté du 15/02/2010	V3
5	05/03/2011	Prise en compte de l'arrêté du 24/11/2010 publié le 04/03/2011	V4
6	01/05/2014	Prise en compte de l'appel d'offre éolien avec stockage du 09/11/2010, de l'appel d'offre solaire avec stockage du 30/07/2011, des arrêtés du 24/11/2010 et du 08/03/2013, de la délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 25/04/2013	V5

RESUME / AVERTISSEMENT

L'insertion d'énergie à caractère aléatoire dans un réseau isolé pose des problèmes plus contraignants que dans un grand réseau continental.

Ce document expose les spécificités de l'insertion d'énergie éolienne et photovoltaïque dans les systèmes isolés et précise les règles de sûreté du système électrique qui seront appliquées.

Il précise également le traitement des projets lauréats des appels d'offres éolien (9 novembre 2010) et solaire (30 juillet 2011) avec stockage ainsi que des projets éolien avec stockage demandant à bénéficier des tarifs d'obligation d'achat tels que définis par l'arrêté ministériel du 8 mars 2013.

Sommaire

Préambule	3
1. Objet.....	5
2. Champ d'application	5
3. Conditions de déconnexion des installations de production concernées	6
4. Principes applicables aux raccordements des installations de production mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire	7
5. Substitution d'installations récentes à des installations plus anciennes.....	7
6. Sûreté du système électrique	8
7. Cas des installations avec stockage laureates des appels d'offres.....	8
8. Cas des autres installations avec stockage	9
Annexe 1 : Spécification des performances attendues pour les installations avec stockage ne relevant ni d'un appel d'offre ni des installations éoliennes avec stockage bénéficiant des tarifs d'obligation d'achat pour les zones cycloniques définis par l'arrêté ministériel du 8 mars 2013.....	11

PREAMBULE

L'insertion dans les zones du territoire non interconnectées au réseau métropolitain continental d'installations de production d'électricité mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire tels que les fermes éoliennes et les installations photovoltaïques pose des problèmes plus contraignants que sur un grand réseau continental interconnecté.

Les variations de vents ou d'ensoleillement se traduisent par de fortes variations de la puissance fournie par ces générateurs et sont susceptibles de provoquer des variations de fréquence et de tension sur les réseaux. L'influence de ces variations de puissance livrée est d'autant plus forte que :

- la taille réduite des réseaux électriques gérés par EDF-SEI atténue le foisonnement de l'ensemble des générateurs photovoltaïques et éoliens raccordés sur le territoire,
- et que le parc de production mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire raccordé est, pour certains territoires, très significatif en rapport avec les puissances transitées sur les réseaux.

A cela s'ajoute des caractéristiques propres à certains moyens de production, comme par exemple les éoliennes qui se déconnectent automatiquement du réseau lorsque le vent dépasse une certaine valeur, faisant passer la puissance injectée de leur P_{\max} à 0 de manière rapide.

Par ailleurs, avec les technologies usuellement utilisées en France, les générateurs éoliens et photovoltaïques ne participent pas au réglage de la fréquence, rarement au réglage de la tension et apportent peu sinon aucune puissance de court-circuit, nécessaire à la bonne tenue en tension du réseau lors de défaut.

L'article L314-1 du Code de l'énergie a instauré le principe de l'obligation d'achat :

« Sous réserve de la nécessité de préserver le bon fonctionnement des réseaux, Électricité de France et [...] les entreprises locales de distribution [...] sont tenues de conclure, lorsque les producteurs intéressés en font la demande, un contrat pour l'achat de l'électricité produite sur le territoire national par [...] les installations de production d'électricité qui utilisent des énergies renouvelables [...]. »

L'article L111-93 du code de l'énergie précise en outre que l'accès au réseau peut être refusé pour *« des impératifs liés au bon accomplissement des missions de service public et sur des motifs techniques tenant à la sécurité et la sûreté des réseaux, et à la qualité de leur fonctionnement. »*

L'obligation d'achat peut donc être limitée par la nécessité de préserver le bon fonctionnement des réseaux.

L'arrêté du 23 avril 2008, modifié par les arrêtés du 15 février 2010, du 24 novembre 2010 et du 23 décembre 2010, relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement

pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique, fixe les principes de cette limitation :

« Article 22 : Toute installation de production dont la puissance P_{max} est supérieure ou égale à 3 kVA et mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire telles les fermes éoliennes et les installations photovoltaïques peut être déconnectée du réseau public de distribution d'électricité à la demande du gestionnaire de ce réseau lorsque ce dernier constate que la somme des puissances actives injectées par de telles installations atteint 30 % de la puissance active totale transitant sur le réseau. Les circonstances dans lesquelles ces déconnexions peuvent être demandées sont précisées dans la convention de raccordement et les modalités selon lesquelles elles sont effectuées le sont dans la convention d'exploitation. Pour l'application de l'alinéa précédent, deux ou plusieurs projets sont réputés ne constituer qu'une seule installation s'ils sont situés sur la même toiture ou sur la même parcelle. »

« Article 22 bis : Une installation de production de plus de 100 kVA mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire n'est pas soumise aux dispositions de l'article 22 lorsqu'elle dispose d'un stockage de l'énergie électrique lui permettant de se conformer aux mêmes prescriptions techniques que celles prévues par l'article 21 et dont les caractéristiques, en termes de capacité, sont définies dans la documentation technique de référence du gestionnaire de réseau. »

De plus il convient de considérer la Délibération 20 juillet 2010 du Conseil Régional de Guadeloupe publiée au Journal Officiel du 28 septembre 2010.

« Article 2 : En Guadeloupe, les installations de production visées par les dispositions du I de l'article 19 de l'arrêté du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique et mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire ne peuvent être déconnectées du réseau public de distribution d'électricité par le gestionnaire de réseau tant que la somme des puissances installées par de telles installations est inférieure ou égale à une puissance totale sur le territoire de :

- 17 MW pour les installations photovoltaïques au sol ;
- 32 MW pour les installations photovoltaïques en toiture ;
- 31 MW pour les éoliennes,

et ce en dehors des cas d'intervention du gestionnaire du réseau relatifs à la sûreté du système, notamment lors de périodes perturbées (intempéries, fonctionnement en réseau séparé, phase de reconstitution du réseau...), tel que précisé dans la documentation technique de référence du gestionnaire du réseau. »

1. OBJET

Le présent document précise les modalités de mise en œuvre de la limitation du taux instantané de pénétration d'énergie aléatoire dans les systèmes électriques isolés gérés par EDF SEI.

Il est établi en application notamment :

- du chapitre III de l'arrêté du 23 avril 2008 modifié relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique intitulé « Prescriptions techniques particulières applicables aux installations de production situées dans une zone du territoire non interconnectée au réseau métropolitain continental » ;
- de l'arrêté du 8 mars 2013 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent situées dans des zones particulièrement exposées au risque cyclonique et disposant d'un dispositif de prévision et de lissage de la production ;
- de l'annexe I §2.10.2. de la délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 25 avril 2013 portant décision sur les règles d'élaboration des procédures de traitement des demandes de raccordement aux réseaux publics de distribution d'électricité et le suivi de leur mise en œuvre intitulé « La déconnexion d'une installation de production mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire située dans une zone du territoire non interconnectée au réseau métropolitain continental ».

2. CHAMP D'APPLICATION

Conformément à la note SEI REF 02, le présent document fait partie de la documentation technique de référence spécifique d'EDF SEI qui complète, précise ou modifie sur des points particuliers aux zones non interconnectées la documentation technique de référence d'ERDF, gestionnaire du réseau de distribution métropolitain continental (publiée sur le site internet d'ERDF : www.erdfdistribution.fr), applicable par EDF SEI sur ses réseaux de distribution HTA et BT.

Ce document est disponible sur le site Internet d'EDF SEI : <http://sei.edf.com>.

Il s'applique aux installations de production d'électricité dont la P_{\max} est supérieure ou égale à 3 kVA mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire telles que les fermes éoliennes et les installations photovoltaïques à l'exception :

- des installations avec stockage listées aux § 7 et § 8,
- des installations relevant de la Délibération 20 juillet 2010 du Conseil Régional de Guadeloupe publiée au Journal Officiel du 28 septembre 2010.

Deux ou plusieurs installations de production sont réputées n'en constituer qu'une seule lorsqu'elles sont situées sur la même toiture ou sur la même parcelle. Les dispositions du présent document s'appliquent donc lorsque le cumul de leurs P_{\max} est supérieur ou égal à 3 kVA.

3. CONDITIONS DE DECONNEXION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION CONCERNEES

Les installations de production d'électricité entrant dans le champ d'application défini au §. 2 peuvent être déconnectées du réseau de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension lorsque le gestionnaire du réseau constate que la somme globale des puissances actives injectées par de telles installations atteint 30% de la puissance active totale transitant sur le réseau sans indemnisation ni compensation.

Ce taux de 30% ne concerne pas la puissance installée, qui peut être supérieure, mais la puissance injectée instantanée. Il ne limite pas la capacité pour de telles installations de production à être raccordées au réseau public de distribution d'électricité, même lorsque la somme des puissances installées a d'ores et déjà atteint ou dépassé 30% de la puissance de pointe maximale constatée sur le réseau par le passé.

Lorsque le gestionnaire de réseau est amené à mettre en œuvre cette mesure de limitation de l'énergie fatale à caractère aléatoire, les déconnexions se font dans l'ordre inverse de leur date d'entrée en file d'attente. La règle de priorité à la déconnexion est donc celle du « dernier entré en file d'attente, premier déconnecté ».

Pour les installations de production situées sur la même toiture ou la même parcelle dont le cumul des P_{\max} est supérieur ou égal à 3kVA, c'est la date d'entrée en file d'attente du dernier projet raccordé qui est prise en compte.

4. PRINCIPES APPLICABLES AUX RACCORDEMENTS DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION METTANT EN ŒUVRE DE L'ÉNERGIE FATALE À CARACTÈRE ALÉATOIRE

L'offre de raccordement (Proposition Technique et Financière ou Convention de Raccordement) transmise au demandeur présente les modalités de mise en œuvre de la limitation de la production mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire et évalue la durée et l'évolution prévisibles des déconnexions qu'elle imposerait au projet.

La convention d'exploitation transmise au demandeur précise les modalités selon lesquelles sont effectuées les déconnexions.

Les propositions de raccordement indiquent le volume total des énergies aléatoires (projets antérieurs et celui concerné inclus). Ce volume est exprimé en MW.

L'évolution du développement des petites installations non éligibles à la déconnexion, l'amélioration des parties électrogènes des installations, l'évolution de la consommation du Centre, ... ne permettent de calculer le volume annuel de déconnexion qu'au moment de l'édition de l'offre de raccordement ou de la Convention de Raccordement sans pouvoir préjuger de son évolution dans le temps.

Le résultat des calculs est exprimé en heures par an. Cette valeur ne constitue pas un engagement d'EDF.

5. SUBSTITUTION D'INSTALLATIONS RECENTES À DES INSTALLATIONS PLUS ANCIENNES

Lorsqu'une installation nouvelle présentant une technologie plus récente est raccordée au réseau, son exploitant pourra la substituer, pour une P_{\max} équivalente, à des installations plus anciennes dans l'ordre de priorité des déconnexions sous réserve de l'accord des exploitants concernés et du gestionnaire de réseau. Cet accord sera formalisé dans la convention de raccordement de la nouvelle installation ainsi que par des avenants aux conventions de raccordement des installations anciennes auxquelles elle se substitue dans l'ordre de priorité des déconnexions.

6. SURETE DU SYSTEME ELECTRIQUE

Outre les déconnexions liées à la limitation du taux de pénétration instantané de la production mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire, il est rappelé que le gestionnaire du réseau peut à tout instant déconnecter les installations de production qui fragilisent la sûreté du système électrique, notamment en situation perturbée (intempéries, fonctionnement en réseaux séparés, phase de reconstitution de réseau ...).

Les déconnexions liées à la sûreté du système électrique sont tracées et les exploitants des installations de production concernées en sont informés.

7. CAS DES INSTALLATIONS AVEC STOCKAGE LAUREATES DES APPELS D'OFFRES

- **Appel d'offres éolien avec stockage du 9 novembre 2010**

Les installations lauréates de l'appel d'offres éolien avec stockage du 9 novembre 2010 ne sont pas déconnectables au sens de l'article 22 de l'arrêté du 23 avril 2008 modifié dès lors qu'elles respectent les exigences définies par le cahier des charges dudit appel d'offres. Conformément à ce cahier des charges, si sur une période de 30 jours consécutifs, il est constaté plus de 100 événements donnant lieu à pénalité, l'installation pourra être déconnectée conformément aux dispositions de l'article 22 de l'arrêté du 23 avril 2008 modifié.

- **Appel d'offres solaire avec stockage du 30 juillet 2011**

Les installations lauréates de l'appel d'offres solaire avec stockage du 30 juillet 2011 ne sont pas déconnectables au sens de l'article 22 de l'arrêté du 23 avril 2008 modifié.

8. CAS DES AUTRES INSTALLATIONS AVEC STOCKAGE

- **Cas des installations éoliennes avec stockage bénéficiant des tarifs d'obligation d'achat pour les zones cycloniques définis par l'arrêté ministériel du 8 mars 2013**

EDF SEI considère que les installations éoliennes avec stockage bénéficiant des tarifs d'obligation d'achat pour les zones cycloniques définis par l'arrêté ministériel du 8 mars 2013 ne sont pas déconnectables au sens de l'article 22 de l'arrêté du 23 avril 2008 modifié.

Les exigences définies à l'annexe 2 de l'arrêté ministériel du 8 mars 2013 arrêté ne permettent pas pour autant de s'affranchir de toute limite pour ce type d'installation éolienne avec stockage dans les systèmes insulaires. En application des articles L111-93 et L314-1 du code de l'énergie, afin de préserver la sûreté des systèmes électriques insulaires, la puissance éolienne installée globale dans le cadre de cet arrêté pouvant être raccordée au réseau et bénéficier de contrats d'obligation d'achat est limitée.

Les volumes pourront être revus en fonction du retour d'expérience et de l'évolution de chaque système électrique.

Au-delà de ces règles, le responsable de l'équilibre production / consommation peut déconnecter les producteurs avec stockage qui fragilisent la sûreté du système, notamment lors de périodes perturbées (intempéries, fonctionnement en réseau séparé, phase de reconstitution du réseau,...).

- **Autres cas d'installations avec stockage**

En application de l'article 22 bis de l'arrêté du 23 avril 2008 modifié susmentionné, une installation de production de plus de 100 kVA mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire n'est pas déconnectable au sens de l'article 22 de l'arrêté du 23 avril 2008 modifié lorsqu'elle est équipée :

- d'un stockage de l'énergie électrique lui permettant de disposer d'une capacité de réglage de la puissance active d'une amplitude correspondant au moins à 20% de la puissance P_{max} , et dont les caractéristiques en termes de capacité, sont définies dans la documentation technique de référence applicable par EDF SEI ;
- d'un régulateur qui ajuste la puissance fournie en fonction de l'écart entre la valeur réelle de fréquence et sa valeur de consigne et dont les performances sont spécifiées en annexe 1.

Cette installation doit en outre maintenir en permanence à la disposition du gestionnaire de réseau une marge de puissance active, dite « réserve primaire », en plus ou en moins, correspondant à 10% de la puissance P_{max} .

Ces exigences ne permettent pas pour autant de s'affranchir de toute limite pour ces types d'installation de production avec stockage dans les systèmes insulaires. En application des articles L111-93 et L314-1, afin de préserver la sûreté des systèmes électriques insulaires, la puissance de production par type installée globale pouvant être raccordée au réseau et bénéficier de contrats d'achat devra être limitée à des volumes qui prendront en compte :

- les volumes des SRCAE,
- les volumes raccordés et en file d'attente,
- les résultats d'appels d'offres,
- le retour d'expérience,
- ...

Ces volumes seront définis par système électrique.

Au-delà de ces règles, le responsable de l'équilibre production consommation peut déconnecter les producteurs avec stockage qui fragilisent la sûreté du système, notamment lors de périodes perturbées (intempéries, fonctionnement en réseau séparé, phase de reconstitution du réseau,...).

ANNEXE 1 : SPECIFICATION DES PERFORMANCES ATTENDUES POUR LES INSTALLATIONS AVEC STOCKAGE NE RELEVANT NI D'UN APPEL D'OFFRE NI DES INSTALLATIONS EOLIENNES AVEC STOCKAGE BENEFICIANT DES TARIFS D'OBLIGATION D'ACHAT POUR LES ZONES CYCLONIQUES DEFINIS PAR L'ARRETE MINISTERIEL DU 8 MARS 2013

- **CAS DES INSTALLATIONS UTILISANT L'ENERGIE MECANIQUE DU VENT**

a) Prévisions de production :

Pour diminuer l'intermittence des moyens de production éolienne, le producteur doit mettre en place un système de prévision de la production éolienne basée sur les données de vent disponibles dans la zone concernée.

Le producteur doit fournir au gestionnaire du système électrique, trois jours à l'avance (J - 3), avec correction la veille (J - 1) un gabarit de puissance qu'il prévoit d'injecter sur le réseau sur une durée de vingt-quatre heures, composé uniquement de tranches stables à puissance constante d'au moins trente minutes. La prévision devra être donnée pour chacune des tranches d'au moins trente minutes de la période couverte par la prévision. Les modalités d'envoi de ces prévisions sont précisées dans la convention d'exploitation.

Une prévision à trois heures, en complément de celle à J - 1 (par pas de trente minutes) pourra être proposée pour affiner la dynamique de prédiction. Les modalités d'envoi de ces prévisions sont précisées dans la convention d'exploitation.

La variation de la puissance réalisée par rapport au gabarit à J - 1 doit rester inférieure à plus ou moins 15 % de la puissance maximale de l'installation. L'écart par rapport au gabarit prévisionnel peut être géré par un moyen de stockage dimensionné en conséquence ou par une limitation de la puissance produite.

b) Variation de la puissance :

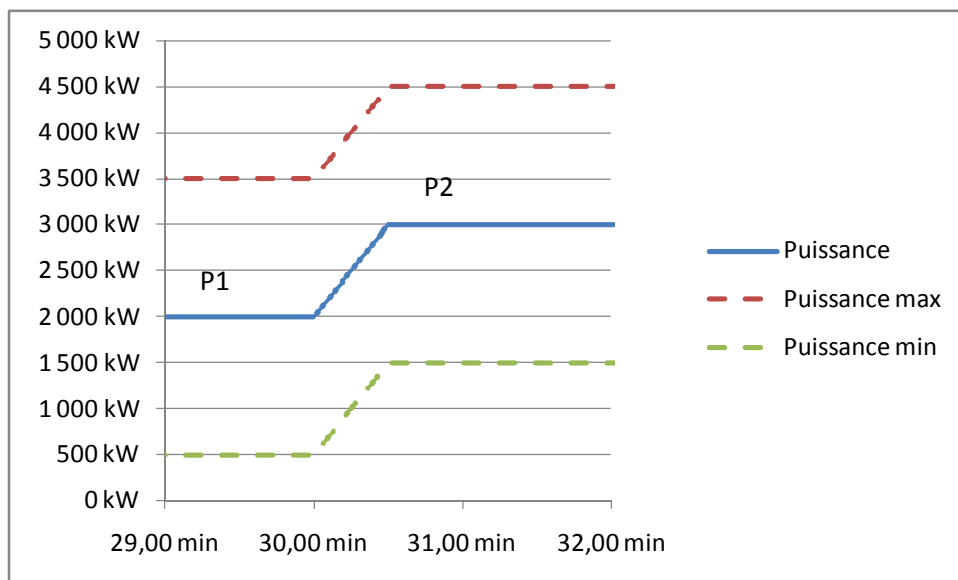
Le système de prévision de production défini au (a) doit permettre la stabilité de la puissance électrique délivrée par l'installation éolienne sur une durée égale à celle déterminée pour la

prévision de production. Il n'inclut pas les phases de démarrage et d'arrêt prévus de l'installation éolienne.

Lors des montées ou des baisses de la puissance produite liées au passage d'une tranche du gabarit de puissance à la suivante (voir exemple sur la figure ci-dessous), l'installation éolienne doit respecter les vitesses de variation de la puissance suivantes :

- augmentation de la puissance : vitesse de variation correspondant à un passage de 0 à Pmax en un temps réglable entre trente secondes et cinq minutes ;
- diminution de la puissance : vitesse de variation correspondant à un passage de Pmax à 0 en un temps réglable entre une minute et dix minutes ;

Ces montées ou baisses de puissance produite liées au passage d'une tranche de puissance à la suivante débutent à l'heure ronde (xxh00) ou demi-ronde (xxh30) à ± 1 min.



En fonction du retour d'expérience, le gestionnaire du système électrique pourra être amené à demander au producteur de faire évoluer ces réglages, à l'intérieur des plages mentionnées ci-dessus. Les réglages et leurs modalités d'évolution sont contenus dans la convention d'exploitation.

c) Tenue en fréquence et en tension :

Les conditions de tenue en tension et en fréquence que doit respecter l'installation sont définies au chapitre III de l'arrêté du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique ou, le cas échéant, au chapitre III de l'arrêté du 4 juillet 2003 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement au réseau

public de transport d'une installation de production d'énergie électrique, et dans la documentation technique de référence (dite « référentiel technique ») du gestionnaire du système électrique concerné.

Les conditions (i) et (ii) suivantes sont liées et doivent être appréhendées conjointement.

i) Réserve primaire de puissance :

Le fonctionnement avec une réserve primaire effectivement disponible égale à 10 % de la puissance de raccordement de l'installation éolienne doit être assuré. La durée pendant laquelle cette réserve primaire peut être délivrée au réseau doit être d'au moins 15 minutes. Cette règle s'applique comme suit :

- lorsque l'installation éolienne produit entre 0 % et 90 % inclus de sa puissance de raccordement, elle doit fonctionner avec une réserve primaire de 10 % ;
- lorsque l'installation éolienne produit plus de 90 % de sa puissance de raccordement, elle doit fonctionner avec une réserve primaire égale à la différence entre la puissance de raccordement et la puissance réalisée, comprise entre 10 % (exclus) à 0 % (inclus). Une réserve primaire de 0 % correspond au fonctionnement à la puissance de raccordement.

ii) Conditions d'appel de la puissance de réserve :

Pour chaque valeur, P_{ref} , des paliers des tranches du gabarit de puissance prévu en J-1 :

- l'installation doit être capable, en cas d'écart à la baisse de la fréquence depuis son niveau de référence, cinquante Hertz (50 Hz), d'accroître sa puissance active de telle sorte que celle-ci augmente au moins de la réserve attendue en moins d'une demi-seconde (0,5s), la nouvelle puissance de référence devenant $P_{ref} + \text{réserve attendue}$ où : la réserve attendue est la plus petite des deux valeurs suivantes : la réserve primaire définie au (i) ci-dessus et $-K \times \Delta F$ (avec K, le gain en MW/Hz de la régulation de fréquence, et ΔF , l'écart de fréquence par rapport à 50 Hz) ;
- l'installation de production doit être capable, en cas d'écart à la hausse de la fréquence depuis son niveau de référence, cinquante Hertz (50 Hz), de réduire sa puissance active d'au moins $-K \times \Delta F$ en moins d'une demi-seconde (0,5s), la nouvelle puissance de référence devenant $P_{ref} - K \times \Delta F$

Le statisme de l'installation (égal à $1/K \times P_{max} / 50 \text{ Hz}$) doit être réglable entre cinq et dix pourcents (5 % et 10 %), et est précisée par le gestionnaire du système électrique ;

La bande morte sur la mesure de fréquence ne peut pas dépasser plus ou moins quatre dixième de Hertz ($\pm 0,4 \text{ Hz}$) centrée autour de cinquante Hertz (50 Hz) et doit être déterminée en accord avec le gestionnaire de réseau.

La participation au réglage de fréquence n'inclut pas les phases de démarrage et d'arrêt prévus de l'installation éolienne, ni les périodes où l'installation n'injecte pas de puissance sur le réseau.

iii) Régulation de la tension :

L'installation éolienne doit être équipée d'un dispositif asservissant la valeur de la puissance réactive à la valeur de la tension mesurée au point de livraison, selon la relation suivante :

$$\tan \Phi = \lambda \times (U - U_{ref})$$

Avec :

- Phi déphasage entre l'intensité et la tension au point de livraison, $\Phi \in [-\Phi_{prod} ; \Phi_{abs}]$,
où, Φ_{abs} correspond à la valeur minimale requise en absorption de puissance réactive, valeur réglable entre 0° et 18° ,
et, Φ_{prod} correspond à la valeur minimale requise en fourniture de puissance réactive, valeur réglable entre 0° et 26°
- U tension au point de livraison,
- λ et U_{ref} tels que
 $\tan \Phi_{abs} = \lambda \times (U_{maxi} - U_{ref})$
 $\tan \Phi_{prod} = -\lambda \times (U_{mini} - U_{ref})$
 $U_{mini} \in [95\% U_n ; 102,5\% U_n]$
 $U_{maxi} = 2,5\% U_n + U_{mini}$

Le temps de réponse de cet asservissement doit être inférieur à 10 secondes.

Une bande morte sur la mesure de tension de, $\pm U_{seuil}$, centrée autour de U_{ref} pourra être introduite et devra être déterminée en accord avec EDF.

La participation effective au réglage de tension inclut les phases de démarrage et d'arrêt de l'installation de production, mais n'inclut pas les périodes où l'installation n'injecte pas de puissance sur le réseau.

S'il le souhaite, le producteur peut installer une régulation de tension différente de celle décrite ci-dessus et ayant les caractéristiques suivantes :

- L'installation de production doit être dotée d'une fonction de régulation de la tension permettant d'asservir la production ou la consommation de puissance réactive à la tension du réseau HTA en fonction d'une consigne de tension, U_c , et d'une consigne en puissance réactive, Q_c , selon la loi de réglage suivante : $(U/U_n) + (\lambda/0,8) \times (Q/P_{max}) = \text{consigne} = (U_c/U_n) + (\lambda/0,8) \times (Q_c/P_{max})$.
- La valeur du gain statique de régulation, λ , doit être réglable entre 3 % et 10 % et déterminée en accord avec le gestionnaire de réseau de façon à pouvoir fournir le maximum de puissance réactive (dans les limites de capacité de l'installation définies ci-dessus) lorsque la tension tend à vouloir être inférieure à une valeur limite basse de tension, et à pouvoir absorber le maximum de puissance réactive (dans les limites de

capacité de l'installation définies ci-dessus) lorsque la tension tend à vouloir être supérieure à une valeur limite haute de tension.

- Les valeurs de consigne de tension et de puissance réactive, U_c et Q_c , doivent être modifiables à la demande du gestionnaire de réseau, selon des modalités définies dans la convention d'exploitation.
- Le temps de réponse de cet asservissement doit être inférieur à 10 secondes.
- Une bande morte sur la mesure de tension (respectivement de la puissance réactive) de, $\pm U_{\text{seuil}}$ (respectivement $\pm Q_{\text{seuil}}$), centrée autour de U_c (respectivement Q_c) pourra être introduite et devra être déterminée en accord avec le gestionnaire de réseau.

d) Mesures :

Les valeurs des puissances active et réactive injectées au point de livraison feront l'objet de télémesures par le gestionnaire du système électrique concerné. La période de rafraîchissement de ces télémesures ne pourra être supérieure à dix secondes.

Le producteur peut prévoir des télésignalisations à destination du gestionnaire du système électrique concerné.

La vérification du respect des écarts entre la puissance produite et les prévisions contractuelles J - 1 est réalisée en utilisant la puissance moyenne de l'énergie produite au pas 1 minute par un compteur identique à celui utilisé pour le décompte de l'énergie.

Le contrôle des performances de la régulation de fréquence et de la régulation de tension est réalisé de la façon suivante :

- Un oscillo-perturbographe est installé pour enregistrer les transitoires afin de vérifier la conformité de la dynamique des régulations de fréquence et de tension vis-à-vis des exigences exprimées ci-dessus ;
- un enregistrement de l'énergie produite et de la puissance réactive moyenne est réalisé au pas 1 minute par un compteur identique à celui utilisé pour le décompte de l'énergie ;
- C'est la valeur de la puissance active et réactive moyenne sur ces pas d'enregistrement d'une minute qui est utilisée pour vérifier les exigences indiquées ci-dessus en matière de réserve primaire pour la régulation de fréquence et de capacités en puissance réactive (hors dynamique des régulateurs, contrôlée par oscillo-perturbographie).

- **CAS DES INSTALLATIONS UTILISANT L'ENERGIE SOLAIRE**

Nota : La valeur de P_{inst} utilisée ci-dessous est celle de la puissance crête des panneaux photovoltaïques.

Chaque jour, le fonctionnement de l'installation obéit à 3 phases successives :

1. une phase de montée en charge durant laquelle la puissance injectée croît. Pendant cette phase de montée en charge, la puissance de l'installation doit croître et afficher une augmentation de la production croissante de pente au plus égale à + 0,6 % de P_{inst} par minute et au moins égale à 0 % de P_{inst} par minute ;
2. une phase de production stationnaire durant laquelle l'installation produit à une puissance proche d'une puissance constante P_{ref} . Pendant la phase de production stationnaire, la puissance est égale au niveau de puissance déclarée, P_{ref} , avec une tolérance de variation autour de cette valeur égale à 2,5 % de la valeur de la puissance P_{inst} , hors sollicitation en suivi de fréquence décrit plus bas ;
3. une phase de descente en charge durant laquelle la puissance injectée décroît. Pendant cette phase de descente en charge, la puissance de l'installation doit décroître et afficher une baisse de la production décroissante de pente égale à -0,6 % de P_{inst} par minute et au plus égale à 0 % de P_{inst} par minute ;

Le producteur doit respecter les obligations suivantes :

- la veille, il communique pour le lendemain une estimation de son heure de fin de croissance de la production et de son heure de début de décroissance de la production, ainsi que son niveau de production à puissance constante, P_{ref} . Les heures de fin de croissance et de début de décroissance doivent être des heures rondes (h :00) ou demi-rondes (h :30) ;
- le jour même, il notifie au gestionnaire de système :
 - a minima une heure avant la fin de croissance de la production, son heure de fin de croissance de la production ; l'heure de fin de croissance doit être une heure ronde (h :00) ou demi-ronde (h :30) ;
 - en même temps que son heure de fin de croissance de la production, son niveau de production à puissance constante, P_{ref} , qui ne peut être supérieur à 40% de P_{inst} ;
 - à minima une heure avant le début de décroissance de la production, son heure de début de décroissance de la production ; l'heure de fin de décroissance doit être une heure ronde (h :00) ou demi-ronde (h :30) ;
- il respecte à ± 1 minute les heures notifiées au gestionnaire de système : heure de fin de croissance de la production, heure de début de décroissance de la production ;

Le contrôle de ces obligations est réalisé de la façon suivante :

- un enregistrement de l'énergie produite est réalisé au pas 1 minute par un compteur identique à celui utilisé pour le décompte de l'énergie.
- C'est la valeur de la puissance moyenne sur ces pas d'enregistrement d'une minute qui est utilisée pour vérifier les exigences indiquées ci-dessus.

Les modalités de communication de ces données sont définies dans la convention d'exploitation.

L'installation doit par ailleurs respecter les conditions suivantes :

A/ Participation au réglage de la fréquence

- L'installation doit avoir des capacités constructives de réglage primaire de la fréquence :
 - En cas de baisse de la fréquence par rapport à 50 Hz, l'installation doit être en capacité d'accroître sa puissance active d'au moins 10 % de P_{ref} .
 - En cas de hausse de la fréquence par rapport à 50 Hz, l'installation doit être en capacité de réduire sa puissance jusqu'à 0 MW.
- L'installation doit disposer d'une régulation automatique de fréquence réalisant la loi de réglage statique suivante : $P_{ref} - K \times \Delta F$, avec K, le gain en MW/Hz de la régulation de fréquence dit « Energie réglante », et ΔF , l'écart de fréquence depuis son niveau de référence, $F - F_0$;
- Le statisme de l'installation (égal à $1 / K \times P_{inst} / 50 \text{ Hz}$) doit être compris entre 3% et 10% ;
- Une bande morte sur la mesure de fréquence peut être introduite et ne peut pas dépasser $\pm 0.3 \text{ Hz}$ centrée autour de 50 Hz et doit être déterminée en accord avec EDF de façon à ne pas faire participer les installations au réglage continu de la fréquence, mais à soutenir le système en cas d'écart significatif de fréquence.
- Pour tout échelon de fréquence négatif depuis son niveau de référence, 50 Hz, l'installation doit être capable d'accroître sa puissance active de $- K \times \Delta F$, dans la limite de $0,1 \times P_{ref}$, en moins de 0,5 secondes. et pouvoir maintenir ce niveau de production pendant au moins 30 minutes.
- Pour tout échelon de fréquence positif depuis son niveau de référence, 50 Hz, l'installation doit pouvoir réduire sa puissance active de $- K \times \Delta F$:
 - en moins de 0,5 secondes, si $- K \times \Delta F$ est inférieur ou égal à $-0,1 \times P_{ref}$,

○ en moins de 0,5 s + $\frac{- (K \times \Delta f - 0,1 \times P_{ref})}{\text{pente de baisse rapide en MW/min}} \times 60$ s si $- K \times \Delta F$ est supérieur à $-0,1 \times P_{ref}$,

et pouvoir maintenir ce niveau de production pendant au moins 30 minutes. Cette pente de baisse rapide est définie dans les conditions particulières.

- La participation effective au réglage de la fréquence n'est pas requise pendant les phases de montée et de descente de la puissance : elle n'est requise que pendant la phase stationnaire à P_{ref} .
- La participation effective au réglage de la fréquence n'est pas demandée non plus en dehors de ces 3 phases de fonctionnement.
- La régulation de fréquence n'est effective que si l'écart de fréquence par rapport à la fréquence de référence (50Hz) est supérieur à la bande morte. La puissance active produite

doit suivre alors la commande $P_{ref} - K \times \Delta F$, mais dans la limite de $P_{ref} + 0,1 \times P_{ref}$ à la hausse et de 0 MW à la baisse, et pendant une durée au plus égale à 30 minutes, à supposer que l'écart de fréquence reste supérieur à la bande morte de façon continue pendant plus de 30 minutes. Bien entendu, si l'écart de fréquence redevient inférieur à la bande morte avant, l'installation revient à son programme P_{ref} .

B/ Participation au réglage de la tension

- Quelle que soit la puissance active fournie supérieure à 20% de P_{inst} , lorsque U est égale à U_n , la puissance réactive de l'installation doit pouvoir prendre toute la valeur comprise dans l'intervalle $[-0.4 \times P_{inst}, + 0.4 \times P_{inst}]$
- quelle que soit la puissance active fournie inférieure à 20 % de P_{inst} , lorsque U est égale à U_n , la puissance réactive de l'installation doit pouvoir prendre toute valeur comprise dans l'intervalle $[- 2 \times P, + 2 \times P]$
- L'installation de production doit être dotée d'une fonction de régulation de la tension permettant d'asservir la production ou la consommation de puissance réactive à la tension du réseau HTA en fonction d'une consigne de tension, U_c ,
- La valeur du gain statique de régulation (en Mvar/V) doit être déterminée en accord avec EDF de façon à pouvoir fournir le maximum de puissance réactive (dans les limites de capacité de l'installation définies ci-dessus) lorsque la tension tend à vouloir être inférieure à une valeur limite basse de tension, et à pouvoir absorber le maximum de puissance réactive (dans les limites de capacité de l'installation définies ci-dessus) lorsque la tension tend à vouloir être supérieure à une valeur limite haute de tension.
- La valeur de consigne de tension U_c , doit être modifiable à la demande d'EDF selon des modalités définies dans la convention d'exploitation.
- Le temps de réponse de cet asservissement doit être inférieur à 10 secondes.
- Une bande morte sur la mesure de tension de, $\pm U_{seuil}$, centrée autour de U_C pourra être introduite et devra être déterminée en accord avec EDF.
- La participation effective au réglage de tension n'est pas demandée en dehors des 3 phases de fonctionnement prévues dans la présente annexe.
- La participation effective au réglage de tension est demandée dans les phases de montée et de descente ainsi que pendant les phases de palier.
- S'il le souhaite, le producteur peut installer une régulation de tension différente de celle décrite ci-dessus et ayant les caractéristiques suivantes :
 - L'installation de production doit être dotée d'une fonction de régulation de la tension permettant d'asservir la production ou la consommation de puissance réactive à la tension du réseau HTA en fonction d'une consigne de tension, U_c , et d'une consigne en puissance réactive, Q_c , selon la loi de réglage suivante : $(U/U_n) + (\lambda/0,8) \times (Q/P_{inst}) = \text{consigne} = (U_c/U_n) + (\lambda/0,8) \times (Q_c/P_{inst})$.
 - La valeur du gain statique de régulation, λ , doit être réglable entre 3 % et 10 % et déterminée en accord avec le gestionnaire de réseau de façon à pouvoir fournir le maximum de puissance réactive (dans les limites de capacité de l'installation définies ci-dessus) lorsque la tension tend à vouloir être inférieure à une valeur limite basse de tension, et à pouvoir absorber le maximum de puissance réactive (dans les limites de

capacité de l'installation définies ci-dessus) lorsque la tension tend à vouloir être supérieure à une valeur limite haute de tension.

- Les valeurs de consigne de tension et de puissance réactive, U_c et Q_c , doivent être modifiables à la demande du gestionnaire de réseau, selon des modalités définies dans la convention d'exploitation).
- Le temps de réponse de cet asservissement doit être inférieur à 10 secondes.
- Une bande morte sur la mesure de tension (respectivement de la puissance réactive) de, $\pm U_{\text{seuil}}$ (respectivement $\pm Q_{\text{seuil}}$), centrée autour de U_c (respectivement Q_c) pourra être introduite et devra être déterminée en accord avec le gestionnaire de réseau.

C/ Tenue en régime perturbé

Afin de rester connecté au réseau lors des régimes perturbés, l'installation devra respecter les exigences techniques de l'arrêté du 23 avril 2008 modifié relatif au raccordement au réseau des producteurs et notamment la tenue aux baisses de fréquence et aux creux de tension des articles 18 à 20.

D/ Contrôle des performances de la régulation de fréquence et de la régulation de tension

Le contrôle des performances de la régulation de fréquence et de la régulation de tension est réalisé de la façon suivante :

- Un oscillo-perturbographe est installé pour enregistrer les transitoires afin de vérifier la conformité de la dynamique des régulations de fréquence et de tension vis-à-vis des exigences exprimées ci-dessus ;
- un enregistrement de l'énergie produite et de la puissance réactive moyenne est réalisé au pas 1 minute par un compteur identique à celui utilisé pour le décompte de l'énergie ;
- C'est la valeur de la puissance active et réactive moyenne sur ces pas d'enregistrement d'une minute qui est utilisée pour vérifier les exigences indiquées ci-dessus en matière de réserve primaire pour la régulation de fréquence et de capacités en puissance réactive (hors dynamique des régulateurs, contrôlée par oscillo-perturbographie).