

**RACCORDEMENT**  
**des INSTALLATIONS de PRODUCTION**  
**au RESEAU MT des COMORES**

**Cahier des exigences techniques**

Version Finale / Aout 2022



## TABLE DES MATIERES

1.	OBJET .....	6
2.	DOMAINE D'APPLICATION .....	6
3.	TEXTES LEGISLATIFS, REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS .....	7
4.	DEFINITIONS ET CONVENTION .....	7
4.1.	DÉFINITION .....	7
4.2.	CONVENTION DE SIGNE .....	20
5.	GENERALITES.....	21
5.1.	LA SOLUTION DE RACCORDEMENT.....	21
5.2.	LES EXIGENCES CONSTRUCTIVES .....	21
5.3.	LES RÉGLES D'EXPLOITATION .....	22
6.	L'ETUDE DE RACCORDEMENT .....	22
6.1.	ELÉMENTS NÉCESSAIRES À L'ÉTUDE DE RACCORDEMENT .....	22
6.1.1.	Pour l'installation de Production.....	22
6.1.2.	Pour le réseau MT .....	22
6.2.	CADRE GÉNÉRAL DES ÉTUDES À EFFECTUER .....	23
6.3.	ETUDES À RÉALISER .....	23
6.3.1.	Définition du domaine de tension de raccordement.....	23
6.3.2.	Détermination du ou des Points de Raccordement de L'installation de Production et de la solution réseau .....	24
	Détermination du point de raccordement.....	24
	Schéma de raccordement .....	25
	Réalisation exploitation des ouvrages de raccordement.....	25
6.3.1.	Etude du plan de tension .....	26
6.3.2.	Etude d'adaptation à la tension du Réseau .....	27
6.3.3.	Etude de la capacité thermique du réseau électrique .....	27
6.3.4.	Etude de l'apport de puissance de court-circuit.....	28
6.3.5.	Etude de stabilité .....	28
6.3.1.	Etude du plan de protection .....	29
	Vis-à-vis des défauts.....	29
	Contre les ruptures de synchronisme .....	30
6.3.1.	Régime de neutre .....	30
6.3.2.	Etude d'impact sur la qualité de l'onde .....	31
	A-coups de tension :.....	31
	Papillotement (Flicker) norme IEC 61000-3-7 édition 2008) .....	32
	Déséquilibre .....	32
	Harmoniques (norme CEI/TR 61000-3-6 version 2008.).....	32
7.	EXIGENCES CONSTRUCTIVES.....	33
7.1.	GÉNÉRALITES.....	33
7.1.1.	Pmax.....	33
7.1.2.	Seuil de marginalité .....	33
7.1.3.	Les modes communs.....	33
7.2.	DOMAINE DE FONCTIONNEMENT EN PUISSANCE RÉACTIVE .....	34
7.3.	TENUE AUX RÉGIMES PERTURBÉS DE TENSION.....	35
7.3.1.	Définition du Domaine normal d'Alimentation et du Domaine exceptionnel d'Alimentation .....	35
7.3.2.	Capacités constructives en puissance active et réactive .....	36
7.3.3.	Fonctionnement en effondrement de tension .....	36

7.4. TENUE AUX RÉGIMES EXCEPTIONNELS DE FRÉQUENCE .....	37
7.4.1. Domaines de fonctionnement .....	38
7.5. DOMAINE DE FONCTIONNEMENT FRÉQUENCE TENSION .....	39
7.6. SIMULTANÉITÉ DE RÉGIMES EXCEPTIONNELS DE TENSION ET DE FRÉQUENCE.....	39
7.7. RÉGLAGE PRIMAIRE PUISSANCE FRÉQUENCE.....	40
7.7.1. Loi de régulation .....	40
7.7.2. Réduction de puissance active en cas de fréquence haute.....	43
7.8. RÉGLAGE SECONDAIRE PUISSANCE FRÉQUENCE.....	44
7.9. RÉGLAGE DE LA TENSION .....	45
Type 1 : Q constant ou $\tan \phi$ constante .....	45
Type 2 : Loi de réglage locale $Q = f(U)$ avec $U = U$ consigne .....	45
7.10. CONDITIONS DE COUPLAGE .....	46
7.11. ILOTAGE.....	46
7.12. FONCTIONNEMENT EN RÉSEAU SÉPARÉ.....	47
7.13. RECONSTITUTION DU RÉSEAU .....	47
7.14. DISPOSITIF D'ÉCHANGE DES INFORMATIONS D'EXPLOITATION (DEIE).....	48
7.15. DISPOSITIF D'ENREGISTREMENT ET DE SURVEILLANCE.....	49
7.16. ALIMENTATION AUXILIAIRE SECOURUE.....	50
7.17. INSTALLATIONS DE TÉLÉCOMMUNICATION.....	51
7.18. CARACTÉRISTIQUES DES OUVRAGES.....	51
7.18.1. Ouvrages de raccordement entrant dans la concession.....	51
7.18.2. Ouvrage de la centrale.....	51
7.19. EXIGENCES RELATIVES AUX SYSTÈMES DE COMPTAGE .....	51
Pannes et erreurs .....	52
Inviolabilité et Scellés.....	52
Inspection et contrôle.....	52
Redevance.....	53
8. EXIGENCES RELATIVES A L'EXPLOITATION .....	53
8.1. CONVENTION D'EXPLOITATION DES INSTALLATIONS .....	53
8.1.1. Contenu des Conventions d'Exploitation .....	53
8.2. PROCÉDURES DE MAINTENANCE, D'ENTRETIEN ET DE DÉPANNAGE DES INSTALLATIONS.....	54
8.3. EXIGENCES POUR LES VÉRIFICATIONS AVANT MISE EN SERVICE .....	54
8.3.1. Méthode et moyens de contrôle.....	55
8.3.2. Contrôles avant la mise en service ou avant la remise en service .....	56
8.3.3. Contrôles périodiques .....	57
Installation ayant fait l'objet d'un contrôle initial avec un PV de réception .....	57
Installation n'ayant pas fait l'objet d'un contrôle initial ou pour lesquels il n'existe pas de rapport de contrôle .....	57
8.3.4. Contrôles après un dysfonctionnement .....	58
9. ANNEXES 1 CAHIER DES CHARGES DU SYSTEME DE COMPTAGE.....	59
9.1. OBJET DU DISPOSITIF DE COMPTAGE.....	59
9.2. COMPTEUR .....	59
9.2.1. Mesures .....	59
9.2.1. Caractéristiques du compteur.....	60
9.2.1. Accès aux données du Comptage .....	64
9.2.1. Caractéristiques des réducteurs de mesure .....	64
Transformateur de courant pour un raccordement en MT ou HT.....	64
Transformateur de tension pour un raccordement en MT ou HT .....	65
9.2.2. Conformité des réducteurs de mesures .....	65



## ACRONYMES

CEI ou IEC	:	Commission Electrotechnique Internationale
HT	:	Haute Tension
Pmax	:	Puissance maximale d'une installation de production
MT	:	Moyenne Tension
TC	:	Transformateur de courant
TT	:	Transformateur de Tension

## LISTE DES ANNEXES

**Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.**

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : représentation : 4 quadrants des puissances ou énergies active et réactives .....	20
Figure 2 : Convention de signe .....	20
Figure 3 : limite de propriété et d'exploitation : exemple : Poste d'évacuation à deux liaisons distinctes vers le réseau MT, simple jeu de barre sectionnable .....	26
Figure 4. La qualité de fourniture d'énergie .....	31
Figure 5 : gabarit de creux de tension MT .....	37
Figure 6 : domaine de fonctionnement puissance fréquence d'une installation avec alternateur .....	39
Figure 7 : réponse du réglage primaire de fréquence sur baisse fréquence .....	42
Figure 8 : réponse du réglage primaire de fréquence sur hausse .....	42
Figure 9 : Gestion de la puissance sur fréquence haute .....	44
Figure 10 : loi locale de régulation de la tension .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Domaine de tension de raccordement selon la Puissance .....	24
Tableau 2 : domaine normal de variation de tension Cf. Tableau 4 .....	27
Tableau 3 : Niveau maximal des courants harmoniques .....	33
Tableau 4 : Domaine normal de tension et domaine exceptionnel de tension .....	35
Tableau 5 : Plages normale et exceptionnelles de fréquence .....	38
Tableau 6 : Tenue demandée selon la fréquence .....	39
Tableau 7 : performances standard de libération de la réserve secondaire ...	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 8 : type de contrôle à effectuer à la mise en service ou remise en service .....	57
Tableau 9 : Récapitulation des classes de précision des appareils de comptage .....	66



## 1. OBJET

Le présent document « raccordement des installations de production au réseau Moyenne tension » est un des chapitres visant à compléter le Code de l'électricité objet de la loi N°94 - 036 /AF. En l'absence d'un réseau Haute Tension, le réseau MT tient lieu à la fois de réseau de transport et de réseau de distribution MT

Ce document établit les dispositions constructives et organisationnelles ainsi que les règles techniques de raccordement auxquelles doivent satisfaire les installations de production d'électricité pour se raccorder au Réseau MT des Comores de façon à garantir la sûreté de fonctionnement du système électrique et l'évacuation de l'énergie de l'Installation de Production.

Les exigences définies dans ce document visent principalement à assurer le fonctionnement efficient du réseau MT et à garantir l'évacuation de l'Energie de l'Installation de production en s'appuyant sur les cinq principes suivants :

- La sûreté du réseau MT
- La stabilité des réseaux MT et des centrales de production qui y sont raccordées ;
- Le maintien de la qualité de service pour les clients raccordés au réseaux MT ;
- La protection des équipements des Gestionnaires de Réseaux et du Producteur ;
- La sécurité des personnes.

Ce document ne doit pas être considéré comme l'unique source de spécifications techniques à respecter. L'ensemble des installations électriques doivent également être conformes aux codes, normes et règles applicables aux Comores, tels que cités en 3.

Le présent règlement n'a pas pour objet l'établissement du dispositif contractuel entre Producteur et Gestionnaire de Réseau (contrat d'Achat, Contrat de raccordement et d'exploitation) ni des contrats de Concession et Autorisation. Il fait toutefois largement référence à ces contrats qui constituent le seul moyen de porter ces exigences entre le GESTIONNAIRE DE RÉSEAU et le Producteur.

Les annexes se trouvant à la fin font partie intégrante des exigences de raccordement et d'exploitation, objet du présent document.

## 2. DOMAINE D'APPLICATION

Les dispositions du présent document s'appliquent :

- aux installations devant faire l'objet d'un premier raccordement au réseau MT et dont la convention de raccordement n'est pas signée à la date de la parution de ce document



- aux installations existantes faisant l'objet d'une Modification Substantielle (voir chapitre définition) déjà raccordées au réseau MT, ainsi qu'à l'exploitation de telles installations.
- aux installations de production de plus de 100 kW de puissance active maximale  $P_{max}$  reliées au réseau MT au travers d'une installation de consommation (Auto producteur) et dont le transformateur élévateur a la même tension nominale que le réseau MT.

Elles s'adressent aux Producteurs, désirant raccorder une installation sur les Réseaux de Distribution.

Les installations existantes faisant l'objet d'un changement de source d'énergie primaire doivent a minima préserver leurs performances antérieures dans les domaines visées par le présent référentiel.

### 3. TEXTES LEGISLATIFS, REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

En plus des exigences du présent document, les installations électriques concernées telles que définies en 2. , ainsi que leur exploitation sont également régies par la liste des textes législatifs, réglementaires et normatifs suivants :

- La Loi n°94-036/AF portant Code de l'Electricité aux Comores ;
- La loi ENR du 17-020 du 25 décembre 2017
- Les normes CEI ou équivalentes.

### 4. DEFINITIONS ET CONVENTION

#### 4.1. Définition

Au sens du présent document, en plus des termes déjà définis dans la Loi, on entend par :

<b>A-coup de tension</b>	<p>On appelle "à-coup de tension" une variation soudaine, non périodique de la valeur efficace de la tension, qui se produit à des instants aléatoires.</p> <p>Les à-coups de tension ont pour origine des appels soudain de puissance active ou réactive tel que l'enclenchement de transformateur, le démarrage de moteur....</p> <p>Les à-coups de tension sont mesurés selon la méthode utilisée pour les fluctuations rapide de tension</p>
<b>Autoproducteur</b>	<p>Désigne toute personne physique ou morale de droit public ou privé, dont l'activité principale n'est pas de produire de l'électricité mais qui dispose d'Installations de Production d'électricité pour la satisfaction de ses besoins propres totaux ou partiels.</p>

<b>Autoproduction</b>	Désigne l'ensemble des opérations permettant à un Auto producteur de transformer toute source d'énergie primaire en électricité essentiellement pour la satisfaction de ses besoins propres.
<b>Autorité de Régulation de l'Electricité</b>	Désigne l'organisme régulateur dont les statuts et les attributions sont définis par la loi. Aux Comores, cette fonction est assurée par la direction de l'énergie
<b>Basse tension (BT)</b>	Niveau de tension inférieur à 1000 Volts.
<b>Cahier des charges fonctionnel du système de protection</b>	Document remis par le Gestionnaire de Réseau à l'utilisateur définissant les besoins fonctionnels auxquels doit satisfaire le système de protection de l'installation pour l'élimination des défauts.  Le cahier des charges du système de protection est établi en cohérence avec les règles de protection du réseau MT. Il ne traite pas des besoins de protection interne à l'installation de Production, notamment ceux relatifs à la sécurité des personnes et des biens.
<b>Cahier des charges fonctionnel du comptage</b>	Document remis par le Gestionnaire de Réseau à l'utilisateur définissant règles de conception du dispositif de comptage : caractéristiques des réducteurs de mesure, grandeur mesurées, accès aux données du comptage.
<b>Cahier des charges des échanges d'informations</b>	Document remis par le Gestionnaire de Réseau à l'utilisateur définissant la nature des informations à échanger entre le centre de conduite et le producteur ainsi que les caractéristiques du Dispositif d'Echange d'Information d'Exploitation afin qu'il puisse dialoguer avec les installations du Centre de Conduite.
<b>Chargé d'Exploitation de la Centrale de Production</b>	Désigne la personne qui a reçu délégation du Producteur pour assurer l'exploitation de la Centrale de Production. En l'absence de désignation, il s'agit du représentant légal du Producteur.
<b>Chargé d'Exploitation du Réseau</b>	Désigne la personne qui a reçu délégation du Gestionnaire de Réseau pour assurer l'exploitation du Réseau Public de Distribution concerné.
<b>Chargé de Conduite du réseau public MT :</b>	Désigne la personne qui a reçu délégation du Gestionnaire de Réseau pour assurer, au sein du Centre de Conduite, la Conduite du Réseau Public de Distribution. Le Chargé de Conduite a pour mission : <ul style="list-style-type: none"> <li>• De surveiller le bon fonctionnement des réseaux MT pour assurer l'acheminement de l'énergie électrique entre les ouvrages de production et les Consommateurs</li> <li>• De prendre les décisions concernant la gestion du réseau et les flux d'énergie. Pour cela, il effectue ses opérations sur le réseau, soit par télécommande, soit par des techniciens intervenant localement.</li> <li>• D'élaborer les programmes de marche des centrales afin d'assurer l'équilibre offre demande et la sûreté du système électrique.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aux Comores, les fonctions de chargé de conduite et de chargé d'exploitation sont exercées par une seule personne dénommée chef d'exploitation</li> </ul>
<b>Compteur</b>	<p>Equipement de comptage installé chez l'Utilisateur final, en ce compris l'équipement de télé relevé éventuel, en vue de mesurer l'énergie soutirée ou injectée et, le cas échéant, la puissance active et la puissance réactive, pendant une unité de temps déterminée par voie réglementaire.</p>
<b>Consignation et Déconsignation :</b>	<p>Ensemble d'opérations nécessaires pour effectuer des travaux ou des interventions hors tension sur un ouvrage électrique en exploitation.</p>
<b>Contrat d'Achat</b>	<p>Contrat qui définit les modalités d'achat de l'énergie entre le producteur et le Gestionnaire de Réseau ; ce contrat mentionne les différents tarifs applicables : prix du kWh, éventuellement prix de la puissance mise à disposition, les éventuelles pénalités et bonus ainsi que les clauses applicables en cas d'apparition de situation anormale du réseau ou de l'installation de production.</p> <p>Les modalités relatives au comptage, au réactif, aux services systèmes éventuel, aux indisponibilités de comptage sont traitées dans le contrat d'accès au réseau.</p>
<b>Contrat de raccordement et d'exploitation</b>	<p>Document contractuel liant l'utilisateur et le Gestionnaire de Réseau. Le contrat de raccordement précise avant réalisation du raccordement les modalités techniques, juridiques et financières du raccordement et, en particulier, les caractéristiques auxquelles doit satisfaire l'installation afin qu'elle puisse être raccordée au Réseau MT. La signature du contrat de raccordement par les deux parties permet d'engager la réalisation des ouvrages de Raccordement au Réseau et l'Installation de Production. Cf. Annexe 2</p> <p>Une fois des ouvrages réalisés et les performances de l'installation de production vérifiées, le contrat de raccordement est complété :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Du rapport de vérification des performances de l'Installation de Production ;</li> <li>D'une annexe relative à l'exploitation de l'Installation de Production ;</li> <li>Le cas échéant après contrôle et essai, d'une correction des performances de l'installation ;</li> </ul> <p>Cette évolution du contrat et l'ajout d'annexe donnent lieu à un avenant signé par les deux parties</p>
<b>Convention ou Contrat d'Exploitation</b>	<p>Document contractuel liant l'utilisateur et le Gestionnaire de Réseau. Le contrat d'exploitation précise en particulier les règles nécessaires pour permettre l'exploitation de l'installation de l'utilisateur en cohérence avec les règles d'exploitation du réseau MT ; notamment lors d'apparition de situations perturbées.</p>

	<p>Aux Comores, il est proposé de regrouper contrat de raccordement, d'accès et d'exploitation dans un même document avec deux échéances de signature Cf. Annexe 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une première signature lors de l'offre de raccordement</li> <li>• Une seconde signature au moment de la mise en service industrielle, un ajout des annexes relatives à l'accès et à l'exploitation, le cas échéant après contrôle et essai correction des caractéristiques techniques de l'installation ; l'ajout des annexes et des éventuelles corrections donnant lieu à un avenant.</li> </ul>
<b>Cos Phi</b>	Pour un alternateur, c'est le rapport entre la puissance active P et la puissance apparente S..
<b>Coupure</b>	Il y a Coupure lorsque les valeurs efficaces des trois tensions composées mesurées au point de livraison sont simultanément inférieures à 10% de la Tension Contractuelle $U_c$ pendant une durée supérieure ou égale à 1 seconde.
<b>Creux de Tension</b>	Diminution brusque de la tension de mise à disposition ( $U_f$ ) à une valeur située entre 90% et 1% de la Tension Contractuelle ( $U_c$ ), suivie du rétablissement de la tension après un court laps de temps. Un Creux de Tension peut durer de dix millisecondes à trois minutes.
<b>Couplage</b>	Désigne l'opération conduisant à connecter une unité de production au Réseau Public. Pour éviter les perturbations préjudiciables au réseau et aux unités de production, ces manœuvres sont effectuées par l'intermédiaire d'équipements spécifiques qui contrôlent préalablement les écarts en module et déphasage entre les tensions du Réseau et celles de l'unité de production.
<b>Découplage</b>	Désigne l'opération conduisant à déconnecter une unité de production du Réseau Public. Pour éviter les perturbations, cette opération ne s'effectue qu'après avoir réduit la puissance de l'unité de production.
<b>Déclencher (déclenchement)</b>	Mettre hors tension un ouvrage électrique ou déconnecter une unité de production. Le déclenchement résulte en général de l'action d'une protection. Le déclenchement par protection n'étant pas précédé d'une baisse de puissance, il peut générer d'importantes perturbations sur le réseau.
<b>Défaut d'isolement</b>	Situation provoquée par un aléa, d'origine électrique ou non, qui génère, quelque part sur le réseau ou dans les installations raccordées, une défektivité de l'isolement. L'occurrence d'un défaut conduit généralement à un courant anormal ou à des décharges disruptives là où a lieu le défaut et provoque le fonctionnement du système de protection. Durant cette période, et selon le type de défaut (monophasé, biphasé polyphasé), sa localisation et le régime de neutre, des surintensités, sursensions et baisses de tension affectent le réseau et ses utilisateurs.
<b>Déséquilibre de tension</b>	Situation où les trois tensions du système triphasé ne sont pas égales en amplitudes et/ou ne sont pas déphasées de $120^\circ$ les unes par rapport

	aux autres. Le déséquilibre s'exprime en % calculé à partir des valeurs efficaces moyennées sur 10 min de la composante inverse (fondamentale) / la composante directe (fondamentale).
<b>Dispatching</b>	<p>Entité assurant la coordination du système électrique afin d'assurer la continuité du service, la sécurité, la fiabilité électrique et la desserte au moindre coût de la demande.</p> <p>Le Dispatching est l'interlocuteur du producteur via le dispositif d'échange des Information d'Exploitation (DEIE) et via d'autres moyens convenus en cas de défaillance de ce dernier.</p> <p>Le dispatching est physiquement situé à la salle de commande de la centrale de Voidju.</p>
<b>Dispositif d'Echange d'Information d'Exploitation</b>	Désigne l'appareil permettant l'acquisition et l'échange d'information de façon bidirectionnelle entre le Gestionnaire du Réseau et l'Installation de Production. Ces informations sont relatives à l'état de fonctionnement de la Centrale de Production et du réseau électrique et aux demandes d'action du gestionnaire du réseau sur l'installation de production.
<b>Domaine Normal d'Alimentation</b>	Domaine correspondant à fonctionnement normal du réseau durant lequel, la tension et la fréquence restent dans les plages mentionnées au Tableau 4 <b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b> et Tableau 5
<b>Domaine Exceptionnel d'Alimentation</b>	<p>Domaine résultant de situation exceptionnelle du réseau public qui se traduisent de façon temporaire par le fait que la tension et/ou la fréquence puissent évoluer dans des plages plus larges que celles du Domaine normal d'alimentation. Dans le Domaine exceptionnel d'alimentation la Centrale doit continuer de fonctionner suivant les modalités définies dans le présent document.</p> <p>Les plages du Domaine exceptionnel d'alimentation sont mentionnées au Tableau 4 <b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b> et Tableau 5</p>
<b>Dispositif de surveillance</b>	Appareil de mesure de type oscilloperturbographe destiné à enregistrer les grandeurs électriques analogiques et logiques avec une grande résolution temporelle. Cet appareil installé au poste de livraison de l'installation de production permet d'évaluer la qualité de l'onde au Point de Livraison, d'effectuer des analyses d'incident et de vérifier les engagements du producteur dans le cas où la fourniture de services système est demandée.
<b>Energies Renouvelables</b>	<p>Sont considérées comme des énergies renouvelables, les énergies suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Énergie solaire thermique et énergie solaire photovoltaïque ;</li> <li>• Énergie éolienne ;</li> <li>• Énergie hydroélectrique ;</li> <li>• Énergie générée à partir de la biomasse ;</li> <li>• Énergie géothermique ;</li> <li>• Énergie d'origine marine ;</li> <li>• Énergie générée à partir de déchets.</li> </ul>

<b>Ecrolement de Tension</b>	Situation du réseau caractérisée par une baisse excessive, non maîtrisée, de la tension.
<b>Etude de raccordement</b>	L'Etude de Raccordement a pour objet de déterminer la solution technique raccordement et son coût permettant en Régime Normal du Réseau de raccorder l'Installation du Demandeur en s'assurant que le fonctionnement normal du réseau et celui de l'Installation du Demandeur est assuré. La réalisation de cette étude nécessite : <ul style="list-style-type: none"> <li>• La localisation de l'Installation du Demandeur</li> <li>• Les caractéristiques de l'Installation du Demandeur</li> <li>• Les caractéristiques du Réseau auquel sera raccordée l'Installation</li> <li>• Des règles définissant les différentes études à effectuer.</li> </ul>
<b>Exploitant</b>	Désigne la personne physique ou morale, publique ou privée, ayant en charge la réalisation, la gestion et la maintenance d'Installations d'électricité au titre d'une Autorisation, Concession ou Déclaration.
<b>Fonctionnement en ilotage</b>	Alimentation partielle d'un réseau à partir d'une installation de production sans interconnexion avec le reste du réseau. Ce fonctionnement doit assurer les conditions normales de desserte de la clientèle (tension et fréquence) et le fonctionnement des protections vis-à-vis des défauts pouvant survenir sur ce réseau.
<b>Injection</b>	Désigne la livraison de l'électricité par le titulaire d'une Concession de Production, de Transport, de Distribution ou d'une Licence de fourniture, y compris par un Autoprodacteur, à un client final.
<b>Fréquence (f)</b>	Taux de répétition par seconde de la composante fondamentale de la tension d'alimentation. La valeur de la Fréquence est mesurée en moyenne sur une durée de dix secondes selon une méthode conforme aux prescriptions de la norme CEI 61000-4-30. La Fréquence est une caractéristique de la tension qui est la même en tous les points des réseaux. La fréquence nominale du réseau des Comores est 50 Hz.
<b>Gestionnaire de réseau de Distribution (GRD)</b>	Désigne le Concessionnaire ou le Permissionnaire d'un réseau de Distribution en charge de la gestion et de l'entretien des lignes électriques et des Installations y afférentes qui amènent l'électricité jusqu'au client final.
<b>Gestionnaire de réseau de Transport (GRT)</b>	Désigne le Concessionnaire d'un réseau de Transport en charge de la gestion et de l'entretien des lignes et des Installations électriques qui acheminent l'électricité vers les réseaux de distribution. <b>Ne concerne pas les Comores à ce jour</b>
<b>Haute Tension (HT)</b>	Désigne les tensions dont le niveau de tension est supérieur à 50 000 Volts.
<b>Harmoniques</b>	Le gestionnaire de réseau met à disposition de ses utilisateurs des tensions sinusoïdales à 50 Hz que certains équipements perturbateurs peuvent déformer. Une tension déformée est la superposition d'une sinusoïde à 50 Hz et d'autres sinusoïdes à des Fréquences multiples

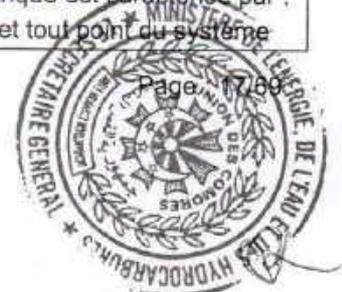
	entiers de 50 Hz, que l'on appelle rang d'harmoniques. Chaque rang est caractérisé par son niveau exprimé en % de la valeur nominale.
<b>Insensibilité du Réglage de Fréquence</b>	<p>Pour le réglage de fréquence d'un groupe de production, la zone d'insensibilité, exprimée en mHz, est définie par les valeurs limites (en plus et en moins) de la variation de la fréquence pour lesquelles le groupe de production ne réagit pas (régulation primaire inactive). Cette notion s'applique donc à l'ensemble régulateur et groupe de production.</p> <p>On peut ainsi distinguer une zone d'insensibilité involontaire régulateur, due aux imperfections constructives de la chaîne de régulation et des actionneurs, une zone d'insensibilité process due aux variations naturelles du process entraînant le groupe de production, et une bande morte ajustée volontairement sur le régulateur du groupe de production.</p>
<b>Installations électriques (ou Installations)</b>	Désigne : les Installations de Production, d'Autoproduction, les réseaux de Transport ou de Distribution, les Installations auxiliaires, et plus généralement toutes les infrastructures et constructions exploitées ou détenues par des Exploitants du secteur de l'électricité et destinées, selon les cas, à la Production, l'Autoproduction, la conversion, la transformation, le Transport et la Distribution d'électricité.
<b>Installation de Production</b>	<p>Équipements destinés à la production d'énergie électrique qui comprennent un ou plusieurs unités de production ainsi que des appareillages auxiliaires (poste d'évacuation, auxiliaires de production...). Ces équipements sont regroupés sur un même site et exploités par le même Exploitant qui bénéficie à ce titre d'un Contrat de Raccordement unique. La limite entre l'installation de production et le réseau de transport est matérialisée par le Point de Livraison.</p> <p><i>Nota</i> : Les équipements constitutifs d'une installation de production peuvent différer en fonction de la nature de son énergie primaire (thermique, hydraulique, éolienne, marémotrice ...).</p>
<b>Installation de consommation</b>	Unité ou ensemble d'unités de consommation de l'électricité installées sur un même site, exploitées par le même Exploitant et bénéficiant d'un contrat de raccordement unique. La limite entre l'installation de consommation et le Réseau public est matérialisée par le Point de Livraison
<b>Injection</b>	L'Injection désigne un flux d'énergies active et /ou réactive circulant au Point de Livraison de la Centrale vers le Réseau Public de Distribution qui en assure physiquement l'évacuation. Par convention, un signe négatif est associé aux grandeurs fournies.
<b>Interface de Communication</b>	Dispositif pour communiquer par télé relevé, via un réseau de communication, les données mémorisées par les différents appareils installés dans le poste de livraison tel que : compteurs, enregistreur de perturbation, dispositif d'échange d'informations d'exploitation.....
<b>Limite de Propriété</b>	Désigne le point de séparation entre le Réseau et les ouvrages propriété du Producteur. Elle est précisée dans les conditions particulières des contrats. Généralement la limite de propriété se situe au point de livraison.

<b>Limite d'Exploitation</b>	Désigne la limite physique entre les ouvrages du Réseau Public de Distribution exploités par le Gestionnaire de Réseau et la Centrale de Production exploitée par le Producteur.
<b>Mise en Exploitation Commerciale</b>	Correspond à la période de démarrage de l'exploitation effective de la Centrale et du début de la facturation du productible livrable. La date de mise de Mise en exploitation Commerciale coïncide avec la date de réception définitive de la Centrale. La mise en exploitation commerciale est conditionnée à la réception définitive de la centrale garantissant sa conformité et le caractère pleinement opérationnel de l'ensemble des dispositifs la composant.
<b>Mise en Service Industrielle pour Essai</b>	Correspond à la période de mise en service de la Centrale pour la réalisation des essais de fonctionnement et de performance. La Mise en service industrielle commence à partir de la validation de la conformité des équipements de la Centrale. Durant cette période, le gestionnaire du réseau et le Producteur procèdent aux réglages et vérification des différents dispositifs et automatismes de la centrale dont ceux du poste de livraison. Le producteur réalise les essais de performance de la centrale. A l'issu de ces essais est prononcée une réception définitive qui permet la Mise en exploitation Commerciale. L'énergie éventuellement produite ou consommée ne fait pas l'objet du Contrat d'achat d'énergie.
<b>Mise sous Tension pour Essais de Conformité</b>	Correspond à une mise sous tension du Poste de Livraison par le réseau permettant au producteur sous sa responsabilité de procéder à des essais et mesures en vue de l'obtention du certificat de conformité. La mise sous tension pour essai de conformité est une étape facultative qui n'est pas nécessaire si les essais de conformité ne nécessitent pas la mise sous tension par le réseau.
<b>Modification substantielle</b>	On appelle modification substantielle toute modification qui a pour effet de majorer de 10 % ou plus, la puissance $P_{max}$ , à elle seule ou en s'ajoutant à de précédentes augmentations de puissance intervenues depuis le raccordement initial.  Le grid code s'applique à une installation existante faisant l'objet d'une modification substantielle
<b>Moyenne tension (MT)</b>	Désigne un niveau de tension compris entre 1000 et 50 000 Volts
<b>Papillotement ou fluctuation rapide de tension</b>	Dénomme tous les phénomènes où la tension présente des évolutions qui ont une amplitude modérée à faible (généralement moins de 10%), mais qui peuvent se produire plusieurs fois par seconde. Ces phénomènes peuvent donner lieu à un papillotement de la lumière appelé "flicker". La fluctuation rapide de la tension se mesure avec un appareil de mesure dont les caractéristiques répondent à la norme internationale CEI 61000-  La fluctuation rapide de tension a généralement pour origine des variations des puissances actives et ou réactive injectées ou soutirées du Réseau provoquées par :

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des charges fluctuantes (à cadence fixe (machines à souder par points par exemple, grosses photocopieuses ou erratique (cas des fours à arc)....</li> <li>• Des installations de production fluctuante : éolienne...</li> </ul>
<b>Planification</b>	Désigne le processus itératif basé sur des données économiques, sociales, environnementales et démographiques visant à prévoir la demande en énergie électrique (puissance énergie MW, MW/h) à court, moyen et long terme, et à la mettre en adéquation avec les moyens de Transport, de Distribution et de Production
<b>Point de Comptage</b>	Point physique où sont placés les transformateurs de mesures destinés au comptage de l'énergie.
<b>Point de Livraison (Pdl)</b>	Point physique où l'énergie électrique est injectée ou soutirée du Réseau. Le Point de Livraison est précisé dans les Conditions Particulières des contrats. Il est généralement identifié par référence à une extrémité d'un élément d'ouvrage électrique. Le point de livraison correspond en général à la limite entre les installations propriétés du producteur et celle du réseau de transport. C'est au point de livraison que sont déterminées les caractéristiques de l'énergie électrique et qu'est mesurée la qualité de l'électricité. Dans le cas où le point de livraison est distinct du point de comptage, les grandeurs mesurées sont corrigées pour être ramenées au point de livraison
<b>Point de Raccordement</b>	Point physique du réseau électrique existant auquel est raccordée l'installation de production
<b>Producteur</b>	Désigne toute personne physique ou morale qui produit de l'électricité, y compris tout Autoproducteur et qui à ce titre est titulaire des contrats avec le Gestionnaire de Réseau relatifs à ses installations de production  Dans le cas de l'instruction de demande de raccordement, désigne la personne physique ou morale habilitée à conduire les démarches en vue du raccordement.
<b>Production</b>	Désigne l'ensemble des opérations permettant la transformation de toute source d'énergie primaire en électricité.
<b>Producteur Indépendant d'Énergie</b>	Désigne l'Exploitant titulaire d'une Autorisation ou d'une Concession de Production, exerçant exclusivement cette activité de Production, et livrant l'énergie produite, soit à un Concessionnaire de Transport, soit à un Permissionnaire/Concessionnaire de Distribution.  Le Producteur Indépendant est titulaire des contrats avec le Gestionnaire de Réseau relatifs à ses installations de production  Dans le cas de l'instruction de demande de raccordement, désigne la personne physique ou morale habilitée à conduire les démarches en vue du raccordement.
<b>Polygone (U ; Q)</b>	Graphe délimitant pour un point de fonctionnement donné en puissance active, les possibilités d'une installation de production à fournir ou à absorber de la puissance réactive, sans limitation de durée, en fonction de la variation de la tension au point de livraison.

	Le polygone [U,Q] résulte de l'intersection du parallélogramme [U, Q] de dimensionnement de l'installation avec les droites horizontales représentant les limites du régime normal de tension du réseau.
<b>Programme de Disponibilité</b>	Programme horaire des disponibilités en puissance communiquées par le producteur.
<b>Programme de Marche</b>	Programme de production établi par point horaire élaboré par le centre de conduite du Gestionnaire de Réseau et communiqué au producteur pour application.
<b>Puissance Active</b>	Aussi appelée « puissance réelle »—exprimée en Watt (W) ou ses multiples. On utilise souvent l'expression « puissance active » ou « puissance réelle » plutôt que « puissance » seule pour la distinguer de la « puissance réactive ».  La convention de signe est indiquée au 1.
<b>Puissance Apparente</b>	Produit du courant par la tension et par un facteur dépendant du nombre des phases. La puissance apparente prend en compte les puissances actives et réactives. La puissance apparente s'exprime en VA et ses multiples.  La puissance apparente associée à la tension est utilisée pour dimensionner les ouvrages qui l'achemine : lignes, câbles, appareillages, transformateur.
<b>Puissance de pointe du système électrique</b>	Désigne le maximum des sommes des puissances synchrones appelées sur les différentes installations de production raccordées à ce système.
<b>Puissance de Raccordement en Injection</b>	Puissance demandée par le producteur pour l'Injection de sa Production. Cette puissance est celle qui est retenue pour mener l'Etude de Raccordement. Le GRT tient cette puissance à disposition en Régime Normal du Réseau.
<b>Puissance de Raccordement en Soutirage</b>	Puissance demandée par le producteur pour sa Consommation en l'absence de production. Cette puissance est celle qui est retenue pour mener l'Etude de Raccordement. Le GRT tient cette puissance à disposition en Régime Normal du Réseau.
<b>Puissance de Réserve Tournante ou Réserve Tournante</b>	Réserve de puissance active instantanément disponible selon les conditions mentionnées dans ce document et pouvant être maintenue sur une durée déterminée.
<b>Puissance Disponible</b>	Puissance maximale pouvant être produite par une installation de Production en régime continu déterminée après un test de performance.
<b>Puissance exploitable</b>	Puissance électrique pouvant être produite en régime continu par une installation, dans les conditions normales d'exploitation (disponibilité des sources d'énergie) pour une période donnée
<b>Puissance installée (Pmax)</b>	Désigne la somme des puissances nominales des unités de Production installées dans la centrale susceptible de fonctionner simultanément.

	<p>La puissance installée <math>P_{max}</math> est une valeur contractuelle définissant la puissance active maximale nette que fournira l'installation de production au point de livraison en fonctionnement normal, les réserves de réglage fréquence/puissance étant utilisées à leurs limites constructives. Selon le type d'installation, <math>P_{max}</math> peut varier suivant des conditions externes comme la température de l'air ou de l'eau de refroidissement ou le combustible utilisé par exemple. La valeur maximale qu'elle peut atteindre est désignée par <math>\Pi_{max}</math>.</p>
<b>Puissance Réactive</b>	<p>Puissance appelée par la composante inductive ou capacitive de l'impédance de certains appareils tel que moteur, transformateur, four à arc, condensateur..... désigne également les puissances selfique ou capacitive que peuvent absorber ou fournir certaines installations de production (machines synchrones, onduleurs.....)</p> <p>Les puissances réactives s'expriment en VAR et ses multiples</p> <p>La convention de signe est indiquée 4.2.</p> <p>Le transit de puissance réactive sur un réseau influence directement la tension du réseau électrique.</p>
<b>Protection de Découplage</b>	<p>Désigne l'ensemble des dispositifs ayant pour objet de détecter l'existence d'une situation critique (défaut, ilotage fortuit) sur le réseau qui nécessite de découpler la Centrale de Production du Réseau Public.</p>
<b>Protection Générale</b>	<p>Désigne le dispositif de protection vis-à-vis des défauts susceptibles de survenir dans l'installation de production. La protection générale doit être sélective avec les protections du réseau afin que l'élimination du défaut soit circonscrite à l'installation de production.</p>
<b>Qualité de l'Electricité</b>	<p>La qualité de l'électricité se vérifie par le maintien dans les plages contractuelles, réglementaires ou normatives :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des paramètres caractéristiques des ondes de tension et de courant du réseau électrique,</li> <li>• De la continuité et de la fiabilité de l'alimentation des utilisateurs.</li> </ul> <p>Les méthodes de mesure des différents paramètres de la qualité : tension, fréquence, déséquilibre, harmonique, papillotement sont indiquées pour chacun d'entre eux.</p>
<b>Régime Normal</b>	<p>Régime de fonctionnement au cours duquel les caractéristiques fondamentales d'un système restent dans des plages, dites normales, ciblées par l'exploitant.</p> <p>Le régime normal pour un réseau électrique est caractérisé par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un domaine d'alimentation normal</li> <li>• Les éventuelles liaisons de secours sont disponibles.</li> <li>• Aucun ouvrage n'est en régime de surcharge,</li> <li>• Les critères de sûreté de fonctionnement et de secours sont assurés.</li> </ul> <p>Le régime normal du système électrique est caractérisé par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un domaine d'alimentation normal et tout point du système</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les réserves de production et de réglage sont disponibles,</li> <li>• Les critères de sûreté de fonctionnement et de secours sont assurés.</li> </ul>
<b>Régime Exceptionnel</b>	<p>Par opposition au Régime Normal, désigne le Régime de fonctionnement au cours duquel certaines caractéristiques fondamentales diffèrent, pour des durées limitées, de celles du Régime normal :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Domaine Exceptionnel d'Alimentation ;</li> <li>• Indisponibilité d'ouvrages réseau, de réserves.....</li> </ul>
<b>Régime de Surcharge d'intensité</b>	<p>Pour des durées limitées les ouvrages de réseau peuvent être soumis à des intensités supérieures à celles assignées par le constructeur en régime permanent, ils sont alors en régime de surcharge.</p>
<b>Réseaux Publics</b>	<p>Réseaux conçus pour le transit et la transformation de l'énergie électrique entre les lieux de production et les lieux de consommation. Ils sont composés de lignes électriques qui assurent les liaisons à des niveaux de tension donnés et de postes composés de transformateurs de tension, d'organes de connexion et de coupure, d'appareils de mesures, de contrôle-commande et de moyens de compensation de la puissance réactive.</p>
<b>Réserve de puissance froide ou réserve secondaire</b>	<p>Puissance supplémentaire pouvant être mise à disposition par le Producteur au Gestionnaire de Réseau dans un délai inférieur à quinze (15) minutes.</p>
<b>Services Systèmes</b>	<p>Services élaborés à partir des contributions élémentaires fournies par les machines électrogènes pour transmettre l'énergie de la production jusqu'au charges en assurant la sécurité électrique. Il s'agit notamment des contributions au réglage de la fréquence (réglage f/P) et au réglage de la tension par le réactif (réglage U/Q).</p>
<b>Soutirage</b>	<p>Le Soutirage correspond au flux d'énergies active et réactive circulant au Point de Livraison du Réseau Public de Distribution vers la Centrale lorsque cette Centrale n'assure pas de production Par convention, un signe positif est associé aux grandeurs soutirées.</p>
<b>Surtension impulsionnelles</b>	<p>Les réseaux peuvent être le siège de surtensions impulsionnelles par rapport à la terre, dues, entre autres, à des coups de foudre. Des surtensions impulsionnelles dues à des manœuvres d'appareils peuvent également se produire sur les réseaux Des valeurs de surtensions phase-terre jusqu'à deux à trois fois la tension simple contractuelle se rencontrent usuellement.</p>
<b>Système Electrique</b>	<p>Dénomme l'ensemble constitué par les ouvrages électriques du réseau de Transport et de Distribution : lignes, câbles, postes électriques, les installations de production et les installations de consommation.</p>
<b>Système de Comptage</b>	<p>Installation pour la mesure des puissances et des échanges d'énergie au point de comptage. Cette installation comprend différents dispositifs dont les caractéristiques sont précisées dans le chapitre du code réseau relatif au comptage.</p>

<b>Tension ou Voltage</b>	C'est la différence de potentiel électrique entre deux points du réseau électrique. Elle s'exprime en volts (V) et ses multiples.
<b>Tension Contractuelle</b>	Valeur de tension de référence utilisée pour définir les engagements du gestionnaire de réseau au Point de livraison. Sa valeur, fixée dans les Conditions Particulières du contrat.
<b>Tension Nominale</b>	Tension qui a servi de référence à la conception du réseau et qui est utilisée par la suite pour le désigner.
<b>Tension de Dimensionnement (U dim)</b>	Tension théorique définie par le Gestionnaire de Réseau, après concertation avec le producteur, et destinée à optimiser, lors de la conception, l'utilisation de la capacité de l'installation à participer au réglage de tension. Elle est normalement fixée en fonction de la tension nominale du réseau MT.
<b>Tension de prise (U prise)</b>	Tension délivrée à vide par le transformateur d'un groupe de production aux bornes de la prise en service.
<b>Statisme Fréquence Puissance (s)</b>	<p>Pour un groupe de production, le statisme fréquence-puissance <math>s</math> est défini comme le rapport, en régime permanent, entre la variation relative de fréquence par rapport à la variation relative de puissance active correspondante, affecté d'un signe moins pour obtenir une valeur positive.</p> <p>La relation est la suivante <math>s = - \frac{\frac{\Delta f}{f_n}}{\frac{\Delta P}{P_n}}</math></p> <p>On distingue un statisme local, défini pour des petites variations autour d'un point de fonctionnement et un statisme global défini pour la variation totale de la puissance.</p>
<b>Statisme Tension Réactif</b>	<p>Pour un groupe de production, le statisme tension-réactif est défini comme le rapport, en régime permanent, entre la variation relative de tension par rapport à la variation relative de puissance réactive correspondante.</p> <p>La relation est la suivante : statisme / réactif = <math>-\frac{\frac{\Delta U}{U_n}}{\frac{\Delta Q}{S_n}}</math></p> <p>Il est possible de modifier la valeur de statisme naturel d'un groupe de production sur le réseau en introduisant dans le régulateur de tension une boucle dite de statisme en réactif</p>
<b>Sureté du réseau</b>	<p>La Sureté d'un système électrique se définit comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurer le fonctionnement normal du système</li> <li>• Limiter le nombre d'incident et éviter les grands incidents</li> <li>• Limiter les conséquences des grands incidents lorsqu'ils se produisent.</li> </ul>
<b>Utilisateur du réseau</b>	Désigne la personne physique ou morale qui produit ou consomme de l'électricité et qui à ce titre est titulaire des contrats avec le Gestionnaire de Réseau relatifs à ses installations de production ou de consommation raccordées au réseau



	Dans le cas de l'instruction de demande de raccordement, désigne la personne physique ou morale habilitée à conduire les démarches en vue du Raccordement de ses Installations.

#### 4.2. Convention de signe

Les signes conventionnels des énergies et puissances sont représentés dans la figure ci-dessus. Le sens des énergies est déterminé par rapport au Point de Livraison

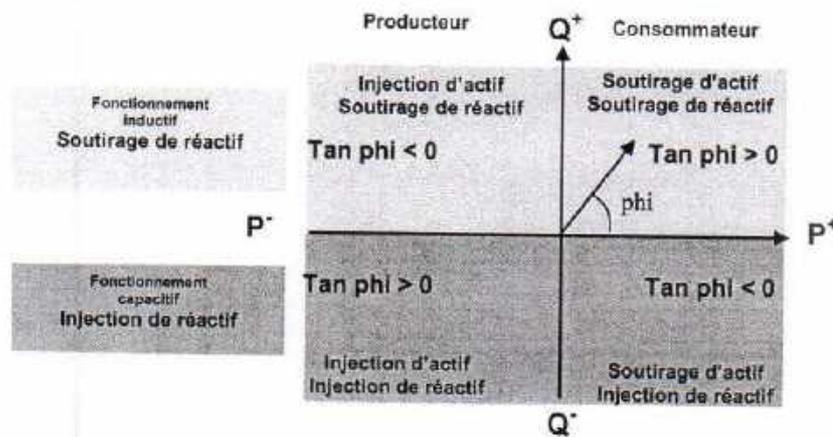


Figure 1 : représentation : 4 quadrants des puissances ou énergies active et réactives

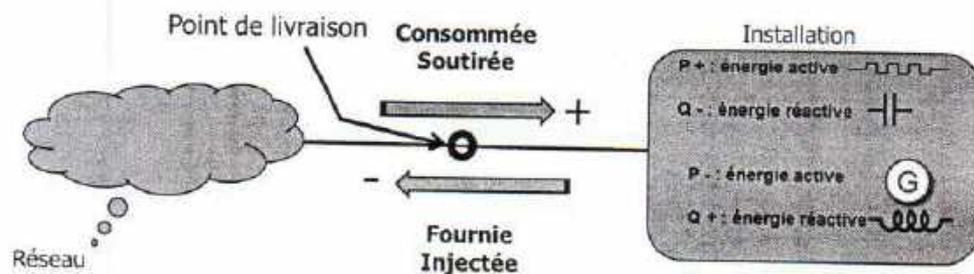


Figure 2 : Convention de signe

## 5. GENERALITES

L'étude de raccordement a pour objet de définir la solution la plus économique qui permet de raccorder l'installation de Production au Réseau Electrique MT tout en satisfaisant la sureté du système électrique, le bon fonctionnement du Réseau et de l'Installation de production.

L'ensemble des études de raccordement se concrétise par la rédaction d'une convention de raccordement qui présente :

### 5.1. La solution de raccordement

La présentation de la solution de raccordement comporte a minima une présentation de toutes les études ayant conduit à définir la solution de raccordement effectuées avec pour chaque étude présentation des hypothèses et des résultats. La solution de raccordement détaille :

- La tension de raccordement de l'Installation
- La localisation du Point de Raccordement au réseau existant et la structure du raccordement
- Le réseau à construire entre le Point de Livraison et le Point de Raccordement
- Les créations et / ou extensions et renforcement éventuels du Réseau MT existant à la tension de raccordement.

Pour chacun de ces ouvrages nécessaires au raccordement de l'Installation sont présentés les coûts et délais de réalisation des travaux et leur répartition entre le Demandeur et le Gestionnaire de Réseau selon les principes de facturation publiés.

Si la détermination des coûts et délais suppose des études complémentaires : étude de tracé, autorisation de construction d'ouvrage, les couts et délais mentionnés dans la convention de raccordement sont estimatifs, Les coûts et délais fermes seront indiqués après réalisation des études complémentaires engagées suite à signature de la convention de raccordement

### 5.2. Les exigences constructives

Les exigences constructives regroupent l'ensemble des prescriptions de conception et les performances de l'Installation afin que celle-ci s'intègre dans le système électrique en garantissant à la fois la sûreté du système électrique et le bon fonctionnement de l'Installation. Ces exigences concernent :

- la tenue aux régimes perturbés de tension et de fréquence ;
- les services systèmes qui seront demandés à l'installation de production : régulation de tension, de fréquence, blackstart, reconstitution de réseau....
- Le plan de protection de l'Installation, le dispositif de comptage, les dispositifs d'échange d'information entre le Producteur et le gestionnaire du réseau.



### 5.3. Les règles d'exploitation

Les règles d'exploitation font l'objet d'une annexe de la convention de raccordement. Cette annexe rédigée lors de l'établissement initial de la convention de raccordement pourra faire l'objet de complément et éventuellement de modifications à la suite de la réception des installations de production et du contrôle de leur conformité. Dans ce cas un avenant à la convention de raccordement sera rédigé.

## 6. L'ETUDE DE RACCORDEMENT

L'étude de raccordement est la première étape du processus d'instruction du raccordement d'une Installation de Production au Réseau Electrique. L'Annexe 2 décrit le processus d'instruction et le dispositif contractuel associé depuis la demande de raccordement jusqu'à la mise en service industrielle de l'Installation de Production.

### 6.1. Eléments nécessaires à l'étude de raccordement

Elles doivent permettre de conduire les différentes études de raccordement mentionnée ci-après :

L'étude de raccordement nécessite de connaître :

#### 6.1.1. Pour l'installation de Production

L'ensemble des caractéristiques des composants (transformateurs, câbles, systèmes de compensation et/ou de filtres, machines tournantes, convertisseurs à base d'électronique de puissance, etc.), doivent être fournies par le Producteur dans une fiche de renseignement que doit remplir le Producteur au moment de sa demande.

- La localisation géographique de l'Installation de Production
- Les caractéristiques techniques de cette Installation de production :
  - Situation du point de livraison
  - Schéma unifilaire de l'Installation
  - Caractéristiques de tous les composants de l'Installation de Production : ligne, câbles, transformateur, unité de production. Ces données ne doivent pas prendre en compte d'agrégation. Par exemple pour une installation comportant plusieurs générateurs, seront fournies les caractéristiques individuelles de chaque machine, les caractéristiques des câbles et transformateurs reliant les machines, les caractéristiques des éventuels convertisseurs de puissance.

#### 6.1.2. Pour le réseau MT

Les caractéristiques du réseau auquel sera raccordé l'Installation de Production. Ces caractéristiques sont fournies par le gestionnaire de réseau.



- Description topologique et électrotechnique des éléments constituant le réseau : ligne, câbles, transformateur, groupe de production.....
- Plan de protection installé et valeurs de réglage
- Plan de réglage de la tension et de la fréquence
- Les hypothèses d'étude ;
  - Charge du Réseau électrique sur les différents points de charge dans les hypothèses de pointe et de charge minimales
  - Placement des groupes de production dans ces hypothèses pointe et de charge minimale
  - Définition du schéma normal du réseau et du schéma de secours usuel
- Des règles d'étude décrites au 6.3.

## **6.2. Cadre général des études à effectuer**

L'étude de raccordement a pour objet :

- De définir la tension de raccordement de l'Installation
- De déterminer le ou les Points de Raccordement de L'installation de Production
- De définir la ou les liaisons de raccordement de l'Installation au réseau existant ainsi que la structure de ce raccordement
- De définir les créations de réseau et les renforcements éventuellement nécessaires du réseau à la tension de raccordement
- De définir le régime de neutre et le plan de protection de l'Installation de Production coordonné avec celui du réseau ;
- De vérifier que l'apport de courant de court-circuit n'entraîne pas de dépassement de la tenue au court-circuit des éléments constituant le réseau ;
- De vérifier la stabilité du système électrique après raccordement de l'Installation
- D'évaluer l'impact sur la qualité de l'onde du raccordement de l'Installation de production.
- De définir l'installation de comptage

## **6.3. Etudes à réaliser**

Ce chapitre définit pour chaque étude les hypothèses à prendre en compte et la méthode générale d'étude

### *6.3.1. Définition du domaine de tension de raccordement*



Le niveau de tension de raccordement est défini pour les Installations de Production en fonction de la Puissance maximale : P max, pour les Installations de Consommation en fonction de la puissance de Raccordement en Soutirage.

Domaine de tension de raccordement	P max Producteur en Injection	Puissance de raccordement en Soutirage de l'Installation de consommation
BT	< 150 kW	< 150 kW
MT	Au-delà	Au-delà

Tableau 1 Domaine de tension de raccordement selon la Puissance

A la demande de l'Utilisateur, il est possible de raccorder l'Installation dans le domaine de tension supérieur. Par contre aucune dérogation n'est autorisée pour un raccordement dans le domaine de tension inférieur.

### 6.3.2. Détermination du ou des Points de Raccordement de L'installation de Production et de la solution réseau

#### Détermination du point de raccordement

Une fois déterminée la tension de raccordement, les études de raccordement ont pour objet de définir le point de raccordement de l'Installation de Production au réseau existant ainsi que les adaptations nécessaires de ce réseau. Le Producteur, dans sa demande de raccordement peut proposer un ou des points de raccordement, et des architectures de raccordement. Ces propositions seront examinées lors des études techniques, économiques et environnementales, la validation de la solution incombe au Gestionnaire du Réseau

Pour assurer le bon fonctionnement du réseau électrique et le fonctionnement de l'Installation de Production, il est nécessaire :

1. D'effectuer avec l'outil de calcul de réseau, un ensemble de calcul (tenue thermique, tension, tenue au court-circuit, plan de protection.....) sur le réseau existant, sans raccordement de l'Installation, afin de vérifier l'absence de contrainte préexistante. Dans le cas où des contraintes apparaîtraient, elles sont virtuellement éliminées en procédant par exemple à un renforcement des éléments de réseau en contrainte dans la base de données du réseau ;
2. De modéliser le raccordement de l'installation sur le réseau le plus proche à la tension de raccordement géographiquement le plus proche du Point de Livraison mentionné par le Producteur ;
3. D'effectuer les calculs de plan de tension en tout point du réseau et à identifier à identifier les valeurs pour lesquels un dépassement de la plage normale de tension apparaît en raison de ce raccordement ;



4. D'effectuer les calculs de tenue thermique sur les différents composants du réseau et à identifier les composants pour lesquels une contrainte de dépassement des valeurs admissibles apparaît en raison de ce raccordement ;
5. D'effectuer les calculs de puissance de court-circuit en tout point du réseau et à identifier à identifier les valeurs pour lesquels un dépassement de la tenue au court-circuit d'un composant du réseau apparaît en raison de ce raccordement ;
6. D'effectuer les calculs de plan de protection.

La solution de raccordement est celle qui après les différentes itérations conduit à supprimer toutes les contraintes nouvelles dues au raccordement de l'installation.

Toutefois, il faut s'assurer que cette solution est la moins onéreuse et qu'elle est réalisable. Il n'est pas rare qu'une solution de raccordement au réseau à la tension de raccordement le plus proche du point de livraison du producteur comporte de nombreux renforcements dont la réalisation s'avère être plus onéreuse et plus difficile à mettre en œuvre que la création d'un réseau vers un point de raccordement plus en amont. Dans ce cas c'est cette dernière solution qui sera retenue.

### **Schéma de raccordement**

L'évacuation d'énergie des sites de production doit être sécurisée et à ce titre le raccordement de toute installation dont la  $P_{max}$  dépasse le seuil de marginalité Cf. 7.1.2. comportera a minima deux liaisons de raccordement distinctes vers le réseau MT, si le réseau est structuré en coupure et réalimentable, chacune permettant d'évacuer la  $P_{max}$  de l'Installation de façon à garantir la mise à disposition de la puissance installée  $P_{max}$  en cas d'indisponibilité d'une des liaisons de raccordement.

En fonction de la  $P_{max}$  de l'installation, pour éviter la perte simultanée par mode commun de plusieurs voire de la totalité des groupes de production d'une installation de production, le Gestionnaire de Réseau peut demander à ce que la structure du poste d'évacuation de l'Installation de Production permette une répartition de la production des différents groupes de production vers les liaisons de raccordement par aiguillage sur deux jeux de barres, ou tronçons de barres, ou sections de barres distinctes. Cette disposition est à mettre en œuvre dès l'arrivée d'un deuxième groupe de production dans l'Installation de Production.

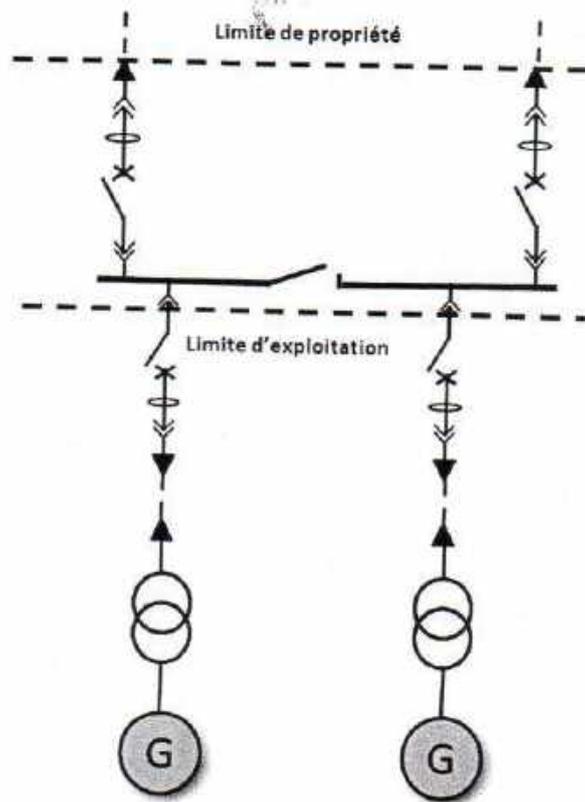
### **Réalisation exploitation des ouvrages de raccordement**

Le schéma du poste d'évacuation de l'Installation de Production, les caractéristiques des matériels le constituant seront soumis pour accord préalable au Gestionnaire de Réseau avant réalisation.

Les ouvrages entrant dans la concession du Gestionnaire de réseau MT sont réalisés conformément aux spécifications fournies par le gestionnaire de réseaux et font l'objet d'une remise gratuite. Ils sont exploités et conduits exclusivement par le Gestionnaire de Réseau MT. Le jeu de barres MT est propriété du Producteur, mais comme ce dernier fait partie intégrante du réseau, le GRD en assure l'exploitation.



Les limites de propriété et d'exploitation entre le Producteur et le Gestionnaire de réseau précisées dans l'annexe exploitation de la Convention de Raccordement. Celle-ci définit également les droits de manœuvre des appareils et les procédures à appliquer pour exécuter des manœuvres et effectuer des consignations pour intervenir sur les ouvrages



*Figure 3 : limite de propriété et d'exploitation : exemple : Poste d'évacuation à deux liaisons distinctes vers le réseau MT, simple jeu de barre sectionnable*

Les ouvrages de Production et le poste d'évacuation sont réalisés conformément à la réglementation et aux normes en vigueur. Les normes constructives de génie civil des bâtiments et massifs supports d'appareillages doivent prendre en compte les caractéristiques climatiques et sismiques locales.

### 6.3.1. Etude du plan de tension

L'étude de plan de tension a pour objet de vérifier que l'injection de la Pmax de l'Installation de Production n'induit pas en tout point du réseau des niveaux de tension se situant en dehors du domaine normal de tension lorsque le réseau est en régime normal. Cette étude est à effectuer en prenant en compte les différentes hypothèses de fonctionnement :

- Charges à la pointe et au creux de charge et placement des groupes de production correspondant ;
- Défaillance d'un ouvrage du réseau MT (règle du N-1).

L'étude du plan de tension prend en compte les dispositifs de réglages de tension existant sur le réseau : réglage de tension des installations existantes : régleurs en charge, dispositifs éventuels de compensation (bancs de condensateur ou de réactance). L'étude du plan de tension permet de déterminer le mode de régulation de la tension qui sera demandé à l'Installation de Production :

- Prise de réglage du transformateur d'injection ;
- Mode de régulation pour l'utilisation de la capacité de réglage de la puissance réactive : type 1 ou type 2 Cf. 7.9.

### 6.3.2. Etude d'adaptation à la tension du Réseau

L'étude de raccordement permet de déterminer la tension de dimensionnement ( $U_{dim}$ ) qui permet d'optimiser le fonctionnement de l'installation de production à l'intérieur du Domaine Normal d'Alimentation. Les limites de cette plage sont précisées par le tableau ci-après en fonction du domaine de tension de raccordement :

Tension nominale $U_n$ (kV)	Plage normale de variation de la tension	
20	-7% ; + 7 %	18,6 ; 21,4 kV

Tableau 2 : domaine normal de variation de tension Cf. Tableau 4

Pour pouvoir s'adapter aux évolutions du réseau de distribution d'électricité, L'Installation de production doit, par construction, ajuster la tension à laquelle elle injecte l'énergie sur le réseau public. A cette fin, le transformateur d'injection comportera de 3 à 5 prises de réglage hors charge dont valeurs sont définies en fonction des résultats de l'étude du raccordement à l'intérieur de la plage de variation du Tableau 2.

Sauf indication contraire issues de l'étude de raccordement, les valeurs des prises de réglage s'appliquant au rapport du transformateur de l'unité de production :  $U_{nominal\ réseau\ MT} / U_{nominal\ unité\ de\ production}$  sont : 0,95 ; 0,975 ; 1 ; 1,025 ; 1,05 usuellement dénommées, -5%, -2,2 % ; 0 ; +2,5% ; + 5%.

Ces valeurs sont consignées dans la convention de raccordement.

Le choix de la prise du transformateur de groupe doit être effectué par le Gestionnaire de Réseau en concertation avec le producteur.

Pendant la durée de vie de l'installation, le Gestionnaire de Réseau peut demander des changements de prise sur le transformateur du groupe. Ces opérations seront réalisées par le producteur dans des délais et des conditions compatibles avec les contraintes d'exploitation. Les modalités selon lesquelles il est permuté d'une valeur de tension à une autre, à la demande du Gestionnaire de Réseau, sont précisées dans l'annexe exploitation de la convention de raccordement.

### 6.3.3. Etude de la capacité thermique du réseau électrique

L'étude de capacité thermique a pour objet de vérifier que l'Injection de la  $P_{max}$  de l'Installation de Production n'induit pas de dépassement de la tenue thermique des composants du réseau (lignes, câbles, transformateur



jeu de barres....) Cette étude est à effectuer en prenant en compte les différentes hypothèses de fonctionnement :

- Charges à la pointe et au creux de charge et placement des groupes de production correspondant ;
- Transit de réactif du au mode de régulation de l'Installation de Production ;
- Hypothèses de température pouvant affecter la tenue thermique des ouvrages ;
- Défaillance d'un ouvrage du réseau de transport (règle du N-1).

#### 6.3.4. Etude de l'apport de puissance de court-circuit

L'étude d'apport de puissance de court-circuit a pour objet de vérifier que le raccordement de l'Installation n'induit pas de dépassement de la tenue sur court-circuit des composants du réseau (lignes, câbles, transformateur, jeu de barres...) Cette étude est à effectuer :

- A partir des caractéristiques de l'Installation de Production (machine, transformateur, réseau interne) fournies par le Producteur ;
- En prenant en compte l'hypothèse de placement des groupes la plus contraignante : placement des groupes à la pointe.
- L'étude sera effectuée pour les courants de défaut polyphasés et monophasé avec prise en compte du régime de neutre.

#### 6.3.5. Etude de stabilité

Pour des situations particulières : si l'Installation représente une contribution importante à l'équilibre du Système Electrique et / ou si les caractéristiques du raccordement supposent de vérifier la stabilité, une étude de stabilité de l'Installation pourra être demandée au Producteur par le Gestionnaire de Réseau. Cette étude sera effectuée sur réseau simplifié et consiste à examiner les situations suivantes :

- Stabilité en petits mouvements : l'Installation, le groupe de production est mis en antenne sur un réseau de tension et fréquence constantes (réseau dit « infini ») au travers de son transformateur et de réactances de liaison. Ces réactances sont paramétrées en fonction de deux valeurs « a » et « b » standards. L'étude consiste à analyser le comportement sur ouverture d'une ligne. L'étude est conduite pour différents points de fonctionnement en puissance P et Q injectée et soustraite ;
- Stabilité sur report de charge : l'Installation, le groupe de production est mis en antenne sur un réseau infini au travers de son transformateur et de 3 lignes de réactance « 2b » en parallèle. L'étude consiste à simuler l'ouverture d'une ligne à  $P_{max}$  et  $Q = 0$  ;  $U = U_{dim}$  et à vérifier que le groupe reste stable et / ou pas de déclenchement de protection ;
- Stabilité sur court-circuit : l'Installation, le groupe de production à  $P_{max}$  et  $Q=0$  U est mis en antenne sur un réseau infini au travers de son transformateur et de 4 lignes de



réactance « 3b » en parallèle. L'étude consiste à simuler l'apparition d'un court-circuit sur une des lignes à 1 % de la longueur de la ligne à partir du PDL avec temps d'élimination correspondant au plan de protection du réseau MT (250ms en 20 kV). Le défaut ne doit pas entraîner de perte de synchronisme des groupes de l'installation. L'amortissement du régime oscillatoire doit tel que la puissance électrique se stabilise à  $\pm 5$  % de sa valeur finale en moins de 10 secondes.

Si une étude de stabilité est demandée, le gestionnaire du réseau indiquera au Producteur : les hypothèses d'étude à prendre en compte pour chacune des simulations à réaliser, les critères de performance à obtenir et les résultats d'étude à fournir.

Si les études montrent que dans certaines situations, l'installation est instable ou ne respecte pas les marges de stabilités spécifiées, le producteur et le Gestionnaire de Réseau conviennent des dispositions à adopter pour que le raccordement puisse être réalisé dans des conditions qui ne perturbent pas le fonctionnement du réseau et qui ne mettent pas en danger la sécurité de l'installation. Dans une telle situation, le raccordement peut être subordonné à une ou plusieurs des conditions suivantes :

- Une adaptation des régulations ou/et des protections de l'installation,
- Des modifications constructives de l'installation,
- Une modification du schéma de raccordement ou un renforcement du réseau.

Ces dispositions particulières sont inscrites dans la convention de raccordement « étude du plan de protection ».

### 6.3.1. Etude du plan de protection

Le plan de protection a pour objet de permettre l'insertion de l'installation de production dans le réseau tout en assurant la sûreté de fonctionnement de ce réseau et celle de de l'Installation de Production.

Le producteur doit équiper son installation de production d'un système de protection. Ce système de protection de l'installation doit :

- Être compatible et cohérent avec les systèmes de protection mis en œuvre sur le Réseau de Distribution ;
- Assurer la sélectivité et l'élimination des défauts que ceux-ci se situent dans l'installation de production ou sur le réseau auquel elle est raccordée ;
- Prendre en compte les prescriptions de tenue de l'Installation de Production aux régimes perturbés de tension et de fréquence.

### Vis-à-vis des défauts

Le système de protection comporte :



- Une protection vis-à-vis des défauts pouvant survenir sur l'installation intérieure en aval du point de livraison ; cette protection doit entraîner l'ouverture d'appareil de coupure de l'installation intérieure assurant l'élimination du défaut ou l'ouverture d'un disjoncteur situé au pont de livraison ;
- Une protection vis-à-vis des défauts pouvant survenir sur le Réseau Public auquel est raccordée l'Installation de Production. Cette protection dénommée protection de découplage doit entraîner le découplage des groupes de production afin que ceux-ci n'alimentent pas le défaut qui est normalement éliminé par les protections équipant le Réseau Public. Pour le réseau et pour le groupe de production, Il est préférable de choisir un appareil de découplage permettant l'ilotage du groupe si la technologie le permet.

Le Gestionnaire de Réseau fournira au Producteur un cahier des charges du système de protection à partir duquel le producteur élaborera le dispositif de protection qu'il présentera au Gestionnaire de Réseau pour validation et détermination des réglages.

Pour répondre à l'évolution des réseaux, le Gestionnaire de Réseau a le droit d'imposer les adaptations et/ou réglages nécessaires des protections des installations du Producteur.

### Contre les ruptures de synchronisme

Les installations de production raccordées au réseau MT doivent disposer d'une protection destinée à les séparer du réseau en cas de rupture de synchronisme. Pour les groupes tournants équipés d'une protection perte de synchronisme fondée sur une mesure d'angle interne et de puissance électrique, le producteur en précisera au Gestionnaire de Réseau ses réglages.

Le choix du contrôle-commande de l'installation est du ressort du producteur. Ce dernier doit s'assurer notamment que les dispositifs de limitation destinés au maintien de l'installation dans son domaine de fonctionnement normal de tension et de puissance réactive ne rendent pas les groupes instables.

#### *6.3.1. Régime de neutre*

Afin de préserver la sécurité des personnes et des biens, le gestionnaire du réseau a mis en place pour le Réseau MT un régime de neutre et un plan de protection cohérent avec le régime de neutre retenu. Le raccordement d'une nouvelle installation de production ne doit pas perturber le régime de neutre établi. A cette fin :

- Lorsque l'Installation de Production est connectée, elle ne doit comporter aucun dispositif de mise à la terre du neutre MT de nature à perturber le régime de neutre établi y compris par des générateurs homopolaires ;
- Lorsque l'Installation n'est pas connectée, il appartient au producteur de mettre en place les dispositifs de mise à la terre de son installation permettant d'assurer le plan de protection et la sécurité des personnes.

Ces dispositions figurent dans le cahier des charges du système de protection.

### 6.3.2. Etude d'impact sur la qualité de l'onde

La qualité de l'onde recouvre les perturbations liées à la forme de l'onde de tension délivrée par le réseau susceptibles d'altérer le fonctionnement des appareils électriques raccordés au réseau, voire de les endommager. Différentes perturbations peuvent affecter la qualité de l'onde : creux de tension, surtensions impulsionnelles, tensions hautes ou basse, à coup de tension, variations de fréquence, papillotement, taux d'harmoniques et d'inter-harmoniques, déséquilibre entre phases Cf. Figure 4 .

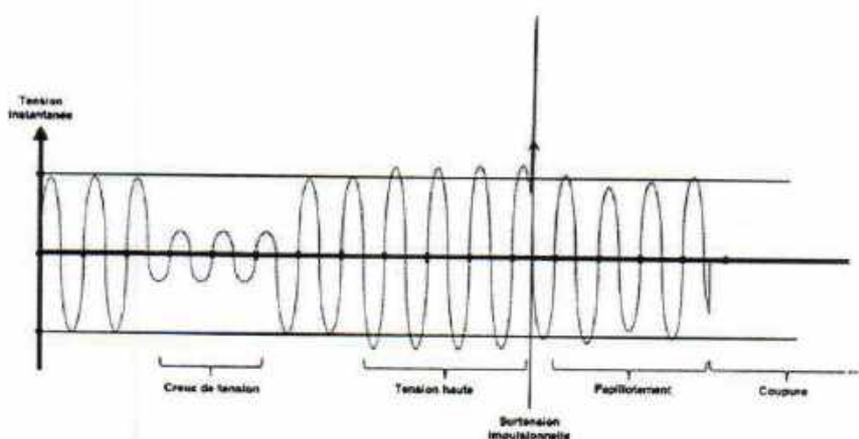


Figure 4. La qualité de fourniture d'énergie

L'étude d'impact sur la qualité de l'onde a pour objet de vérifier que le raccordement de l'installation ne provoque pas de dépassement du niveau de qualité en termes de creux de tension, d'harmoniques, de papillotement de déséquilibre.

Les perturbations produites par l'installation de production, mesurées au droit du point de livraison au réseau MT ne doivent pas excéder les valeurs limites données dans les paragraphes suivants.

Toutefois, dans les situations où la puissance de court-circuit du réseau MT au point de livraison est inférieure la valeur de référence de 40 MVA en MT (20 kV), les limites de perturbations de la tension tolérées sont multipliées par le rapport entre la valeur de référence et la puissance de court-circuit effectivement fournie.

#### A-coups de tension :

L'amplitude de tout à coup de tension due au couplage ou au découplage des groupes ne doit pas excéder 5% de la tension au point de livraison sur la base d'une Pcc de référence HT de 40 MVA.

Les règles relatives aux couplages des générateurs permettent de limiter les creux de tension lors des couplages. Par contre la mise sous tension à vide par le réseau, de transformateur de puissance (par exemple les transformateurs d'injection des groupes) nécessite une étude particulière notamment si ces opérations ont

un caractère répétitif (installation d'éolienne) ce qui suppose une approche de type papillotement. Les caractéristiques des transformateurs fournies par le producteur doivent permettre de déterminer le creux de tension lors de leur mise sous tension.

### Papillotement (Flicker) norme IEC 61000-3-7 édition 2008)

Le papillotement est une variation de tension faible résultant des fluctuations d'énergie active et / ou réactive. Ce risque existe en particulier pour les installations photovoltaïques : variation de l'ensoleillement (passage de nuages) ou et pour l'éolien variabilité du vent et de façon plus générale pour tout appel transitoire de courant mise sous tension de transformateur, de moteur ....

Les fluctuations de tension engendrées par l'installation doivent rester à un niveau tel que le Pst (tel que défini dans la publication CEI 61000-4-15) mesuré au point de livraison reste inférieur à 1. A cet effet le niveau de contribution de l'installation doit être limité au point de livraison à 0,35 en Pst et 0,25 en Plt sur la base d'une Pcc de référence HT de 40 MVA.

L'étude du papillotement nécessite de disposer de données particulières : variabilité de l'énergie primaire, courant magnétisant des transformateurs, pour les éoliennes du rapport d'essai selon la norme IEC 61400-12

### Déséquilibre

Le taux de déséquilibre en tension produit par l'installation doit être inférieur ou égal à 1% sur la base d'une Pcc de référence HT de 40 MVA. Les installations de production triphasées lorsqu'elles sont équilibrées ne participent pas au déséquilibre.

### Harmoniques (norme CEI/TR 61000-3-6 version 2008.)

Ceci ne concerne que les installations à interface avec électronique de puissance (PV) car les machines tournantes modernes synchrones et asynchrones ne génèrent pas de niveau d'harmonique élevé de par leur conception

Les courants harmoniques injectés sur le réseau public doivent être inférieurs à :

$$I_{hrang\ n} = kn \frac{P_{max}}{U_c \sqrt{3}}$$

$U_c$  est la valeur de la tension composée nominale au point de livraison

$P_{max}$  est la puissance apparente maximale de l'installation. Tant que celle-ci reste inférieure à 5% de la  $S_{cc}$ , sinon elle est considérée égale à 5% de  $S_{cc}$ .

$kn$  est le coefficient de limitation défini en fonction du rang  $n$  de l'harmonique. Ce coefficient ne dépend pas de la valeur de la Pcc au point de livraison :



Rangs impairs	$k_n$ (%)	Rang pairs	$k_n$ (%)	Taux global	$k_n$ (%)
3	4	2	2	(Tg)	8
5 et 7	5	4	1	$Tg = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} k_h^2}$	
9	2	> 4	0.5		
11 et 13	3				
> 13	2				

Tableau 3 : Niveau maximal des courants harmoniques

Le risque de perturbation harmoniques est essentiellement lié à l'existence de convertisseurs de puissance (photovoltaïque, éoliennes à vitesse variable). L'étude suppose de disposer des caractéristiques de l'électronique de puissance ou pour les éoliennes de rapport d'essai correspondant à la norme IEC 61400-12.

## 7. EXIGENCES CONSTRUCTIVES

### 7.1. Généralités

#### 7.1.1. Pmax

La P max de certaines installations notamment thermique (turbines à combustion, diesel) dépend de la température ambiante. Pour les Comores, la P max sera définie pour une température ambiante de 28°C.

#### 7.1.2. Seuil de marginalité

L'impact d'une installation de production s'apprécie en fonction de la puissance de l'installation P Max ramenée à la puissance du système électrique interconnecté dont la puissance à la pointe est l'une des caractéristiques. Il est défini un seuil de marginalité comme étant un pourcentage du rapport entre Pmax / puissance à la pointe du système interconnecté en schéma normal :

$$\text{Seuil de marginalité : } P \text{ Max} \geq 5\% / P \text{ pointe}$$

Pour les installations dont la puissance est supérieure à ce seuil de marginalité, des exigences particulières sont imposées afin d'assurer la sûreté du système électrique.

#### 7.1.3. Les modes communs

Tout existence d'un mode commun à plusieurs unités de production porte atteinte à la sûreté du système électrique.

En cas d'installation de plusieurs groupes de production sur un même site, le producteur dimensionnera les équipements des services généraux (chaîne d'approvisionnement en combustibles, circuit de réfrigération, traitement des fumées, alimentation électrique des auxiliaires...) pour éviter les modes communs sur maintenance ou incident (arrêts d'au moins deux groupes simultanément).

Il est également important de vérifier que le fonctionnement des auxiliaires indispensables à l'Installation de Production est assuré dans les plages de tension et fréquence du Domaine Exceptionnel d'Alimentation.

Tout mode commun résiduel devra être signalé par le producteur au gestionnaire du Réseau afin que le risque sur la sûreté du système soit évalué.

## 7.2. Domaine de fonctionnement en puissance réactive

Toute installation de production raccordée au Réseau Distribution d'électricité MT doit disposer des capacités constructives, définies pour la seule prise normale de réglage du transformateur, permettant de fournir au point de livraison la puissance active et de fournir ou d'absorber ou d'absorber les puissances réactives.

- Dans le cas de génératrices synchrones cette capacité constructive est une caractéristique de la machine de production représenté par un diagramme  $[P, Q]$  prenant en compte différentes contraintes de conception : limite d'échauffement stator (puissance apparente fournie au réseau), limite d'échauffement rotor (l'excitation), limite de stabilité (angle interne en Injection de réactif)). Afin de bien identifier l'influence de la tension de raccordement le diagramme  $[U, Q]$  est préféré au diagramme  $[P, Q]$
- Dans le cas de génératrices comportant de l'électronique de puissance en interface avec le réseau, on retrouve des contraintes d'échauffement dues au dimensionnement en courant des composants de puissance qui limitent la puissance apparente fournie au réseau, par contre les contraintes de stabilité limitant la puissance réactive injectée au réseau n'existent pas.

Les performances minimales en termes d'Injection de puissance active et d'Injection ou de Soutirage de puissance réactive en fonction de la tension selon qu'elle se situe dans le domaine normal d'Alimentation ou dans le Domaine Exceptionnel d'Alimentation sont détaillées au 7.3.1.

Dans tous les cas il est demandé au Producteur de fournir au Gestionnaire de réseau :

- Le diagramme  $[U, Q]$  de son installation ainsi que les éventuelles limitations de durée de fonctionnement. Cf. 7.3.1.
- En plus dans le cas d'une génératrice synchrone, diagramme  $[P, Q]$  de l'alternateur

Lorsque la puissance active de l'installation est dépendante de la température de la source froide, le producteur doit vérifier que son installation respecte les prescriptions du présent paragraphe pour les températures maximale, minimale et nominale de la source froide.



Dans tous les cas, la puissance réactive réellement injectée ou absorbée par l'installation de production dans les limites précédemment mentionnées et le mode de régulation sont déterminés par le Gestionnaire du Réseau de Distribution en fonction des impératifs de gestion du réseau et sont précisées dans la convention de raccordement et les modalités de mise en œuvre dans l'annexe exploitation de cette convention.

Lorsque la capacité de l'installation de production à fournir ou à absorber de la puissance réactive n'est acquise, en totalité ou pour partie, que par l'intermédiaire de l'adjonction d'équipements complémentaires à l'intérieur du site de l'installation de production, et si l'étude montre qu'une gestion de la puissance réactive n'est pas nécessaire au moment du raccordement, l'Installation de Production peut être initialement raccordée sans ces équipements complémentaires. Cette dérogation est subordonnée à l'engagement du Producteur à pouvoir ultérieurement à l'adjonction des équipements complémentaires à la demande, du Gestionnaire de Réseau assortie d'un préavis. Cet engagement ainsi que le préavis doivent figurer dans la convention de raccordement.

### 7.3. Tenue aux régimes perturbés de tension

Toute installation de production raccordée au Réseau Distribution d'Electricité MT doivent pouvoir accepter, de manière constructive, les régimes exceptionnels en fréquence et en tension qui peuvent se produire sur le réseau.

Il appartient au producteur d'équiper son installation de limiteurs ou de protections pour protéger ses matériels en cas de dépassement d'un niveau de tenue à une contrainte mécanique, diélectrique, thermique... qui peut survenir lors des régimes exceptionnels du réseau. Ces protections et limiteurs devront être conçus et réglés de façon à ce qu'ils ne soient pas sujets à des fonctionnements intempestifs lors des régimes transitoires rapides prévisibles auxquelles peut être soumise l'installation.

#### 7.3.1. Définition du Domaine normal d'Alimentation et du Domaine exceptionnel d'Alimentation

Hors creux de tension et transitoires rapides, des régimes de fonctionnement du réseau, à durée limitée, peuvent se produire dans des situations particulières qui conduise à ce que les réseaux puissent fonctionner dans des durées limitées (de quelques minutes à quelques dizaines de minutes) dans des plages de tensions hautes ou basses dont les valeurs sont indiquées ci-après. Ces valeurs supposent que la fréquence reste dans le domaine normal de tension.

		Domaine Exceptionnel de tension							
		U <sub>mini</sub> limite		Domaine normal de tension				U <sub>maxi</sub> limite domaine exceptionnel	
				U <sub>mini</sub> limite		U <sub>dim</sub>	U <sub>maxi</sub> limite		
Un	kV	% U <sub>dim</sub>	kV	% U <sub>dim</sub>	U <sub>dim</sub>		% U <sub>dim</sub>	kV	kV
20 kV	17	- 15 %	18,6	- 7%	20	+ 7%	21,4	+17,5 %	23,5

Tableau 4 : Domaine normal de tension et domaine exceptionnel de tension



### 7.3.2. Capacités constructives en puissance active et réactive

Les performances demandées mentionnées ci-dessous sont les capacités constructives minimales demandées à toute installation de production raccordée au Réseau Distribution d'Electricité MT. Elles prennent en compte les contraintes de fonctionnement des générateurs synchrones. Les générateurs utilisant de l'électronique de puissance en interface avec le réseau (photovoltaïque, certains types d'éolienne...) peuvent fournir des performances meilleures en particulier en Injection de réactif Cf. 7.2.

- Dans le Domaine Normal d'Alimentation, l'Installation de Production doit, sans limitation de durée, délivrer la puissance  $P_{max}$  et fournir une puissance réactive au moins égale à  $0,4 \times P_{max}$  ou absorber une puissance réactive au moins égale à  $0,35 \times P_{max}$  Cf. 7.2.
- En dehors du Domaine Normal d'Alimentation, lorsque la tension  $U$  est telle que :  $0,9 U_{dim} \leq U \leq 0,93 U_{dim}$  ou  $1,07 U_{dim} \leq U \leq 1,10 U_{dim}$  l'installation doit rester en fonctionnement pendant au moins 20 mn sans perte de puissance active supérieure à 5 % et pouvoir fournir une puissance réactive jusqu'à  $0,3 P_{max}$

Le producteur indiquera au Gestionnaire de réseau sous la forme du diagramme  $[U, Q]$  de son installation les limites d'Injection de puissance active et d'Injection ou d'absorption de puissance réactive dans le Domaine exceptionnel d'alimentation ainsi que les éventuelles limitations de durée de fonctionnement de son Installation.

Si l'installation comporte plusieurs groupes : Lorsque les groupes ou générateurs de l'installation ne sont pas tous démarrés, les valeurs de puissance réactive indiquées ci-dessus sont réduites dans le rapport entre la puissance maximale des groupes  $P_{max \text{ groupe}}$  ou le nombre de générateurs démarrés et la puissance  $P_{max}$  de l'installation.

### 7.3.3. Fonctionnement en effondrement de tension

Le fonctionnement en effondrement lent de la tension dans le domaine exceptionnel de tension basse ( $D_{b3}$ ) se situe en dessous de  $0,85 U_{dim}$ . Dans une telle situation, L'Installation ne doit pas déclencher sur critère de tension, lorsque  $U$  est comprise entre  $0,85 U_{dim}$   $0,8 U_{dim}$ .

Un fonctionnement exceptionnel sera recherché en coordination avec le Gestionnaire de Réseau afin que l'installation reste connectée au réseau le plus longtemps compte tenu de ses capacités constructives.

Pour des valeurs inférieures à  $0,8 U_{dim}$  l'installation doit disposer d'une protection sur tension basse réglée à  $0,7 U_{dim}$  et temporisée à 2,5 s conduisant à l'flotage et sa disponibilité permettant le recouplage rapide au réseau. En cas de non fonctionnement, une deuxième protection réglée à  $0,7 U_{dim}$  et temporisée à 4 s provoque le déclenchement du groupe.

Le producteur doit prendre les mesures nécessaires (choix du rapport du transformateur des auxiliaires, choix de la tension assignée des auxiliaires et de leurs équipements, réglage des protections...) pour que cet flotage ne puisse se produire que dans des conditions où la tension du réseau devient inférieure à  $0,7 U_{dim}$  pendant au



moins 2 s. Le réglage des différentes protections en tension de l'installation sera ajusté par le producteur dans le but de respecter cette prescription. Aucune protection directe sur critère « tension réseau » ne doit entraîner le déclenchement de l'unité de production ou de ses auxiliaires avant que la tension réseau n'ait atteint les seuils précédents.

### 7.3.1. Fonctionnement sur creux de tension (LVRT)

Toute installation de production raccordée au Réseau Distribution d'Electricité MT doit supporter des creux de tension conformes au gabarit ci-dessous en restant connecté au réseau. La durée du creux de tension est celle de la temporisation du plan de protection

Après le retour de la tension à son domaine de fonctionnement normal, l'installation doit retrouver dans un délai ne dépassant pas 100ms sa puissance active et réactive précédente à  $\pm 10\%$ .

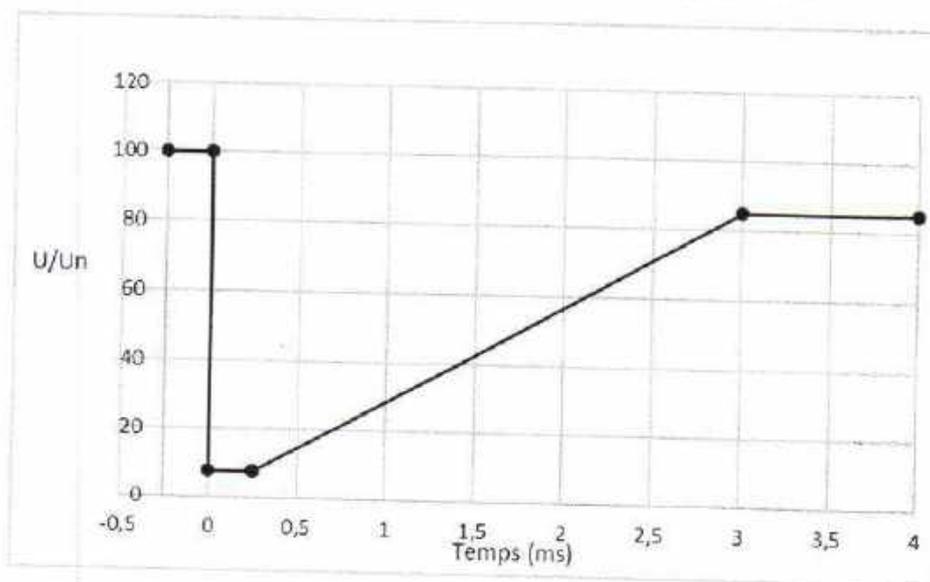


Figure 5 : Gabarit de creux de tension MT pour un plan de protection temporisé à 250 ms

- creux de tension 95 %  $U_{dim}$  pendant 250 ms (si plan de protection temporisé à 250 ms)
- retour linéaire à 0,85  $U_{dim}$  après 3 s
- palier à 0,85  $U_{dim}$  ensuite jusqu'à rétablissement des conditions normales du réseau

Pour les défauts asymétriques, l'exigence s'applique à la tension la plus basse des trois phases.

### 7.4. Tenue aux Régimes exceptionnels de fréquence

Des régimes de fonctionnement du réseau dans des plages de fréquence plus hautes ou plus basses que la plage normale peuvent se produire pour des durées limitées :

- Inférieur à 46 Hz pendant quelques secondes, quelques fois par an régime transitoire)

Pour éviter au moment de l'étude un manque d'information, le gestionnaire de Réseau devra établir et mettre à disposition des producteurs des type documents de collecte des informations administratives et des informations techniques.

Le Gestionnaire de réseau rassemble l'ensemble des informations techniques nécessaires à l'étude de raccordement en fonction de la localisation et de la Puissance de l'Installation de Production.

A partir des informations techniques relatives à l'Installation de Production et de celles du Réseau, une étude de raccordement est réalisée selon les prescriptions du chapitre raccordement du Grid Code.

Cette étude est normalement effectuée par le Gestionnaire de Réseau ; elle peut aussi être confiée au Producteur. Quelle que soit l'entité qui effectue l'étude, celle-ci doit être réalisée en parfaite transparence selon des hypothèses partagées et ses résultats doivent être vérifiés et entérinés par l'entité qui n'a pas effectué l'étude.

A la suite de cette étude, la Convention de raccordement et une première version de l'annexe exploitation sont rédigées complétés par les cahiers des protections, des comptages du dispositif d'échange, du dispositif de surveillance...

Cette convention de raccordement et ses annexes sont signées des deux parties : le Producteur et le Gestionnaire du Réseau.

Le producteur doit présenter pour validation par le gestionnaire du réseau différents éléments : schéma et constitution du poste de livraison, solutions proposées en réponse aux cahiers des charges...

Une fois cette étape de validation achevée, les travaux de réalisation des ouvrages du Réseau et de l'Installation de production peuvent être engagés.

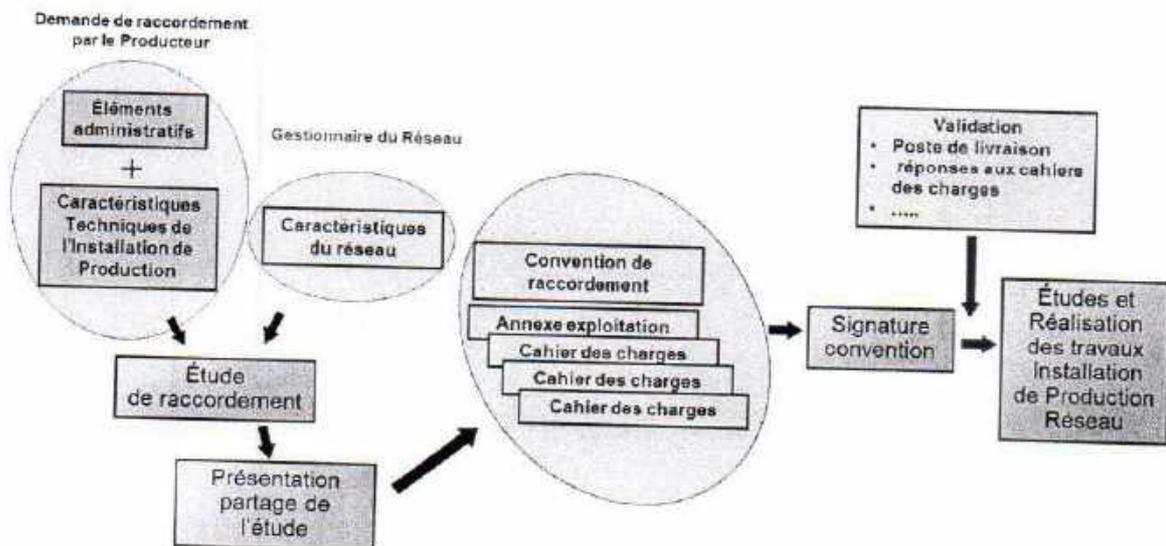


Figure 11 : traitement de la demande de raccordement 1/2

Une fois les travaux du Réseau et de l'Installation de Production achevés, le Gestionnaire du Réseau prononce une Autorisation de Mise sous Tension pour Essai valable pour une durée déterminée convenue entre le Producteur et le Gestionnaire du Réseau. Cette autorisation permet de connecter l'Installation au Réseau afin que :

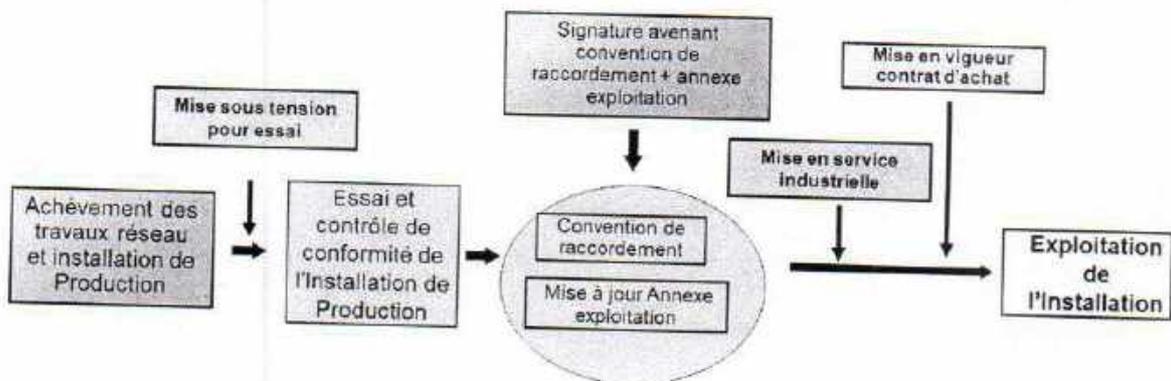
- le Producteur puisse effectuer ses essais et réglages ;
- le Gestionnaire de Réseau effectue les réglages de protection, la mise en service du comptage, des dispositifs d'échanges d'information ; de surveillance... et la vérification des performances de l'Installation de Production qui ont été spécifiées dans la Convention de Raccordement.

Durant cette période d'essais et de vérification, l'énergie fournie au réseau n'est pas valorisée.

Ces essais et vérification achevée, un Procès-verbal d'essai et de contrôle des performances est rédigé et signé par les deux parties.

Une fois levées toutes les réserves et après avoir, suite aux essais et si nécessaire mis à jour l'annexe exploitation de la Convention de Raccordement et dans ce cas signé un avenant à la Convention de Raccordement, la Mise en Service industrielle est prononcée par le Gestionnaire du Réseau.

Après mise en service industrielle, le contrat d'achat est mis en vigueur.



*Figure 12 : traitement de la demande de raccordement 2/2*

- 46 Hz – 48 Hz] pendant quelques minutes 10 à 30 fois par an,
- Supérieur à 52 Hz pendant quelques secondes, quelques fois par an (régime transitoire).

#### 7.4.1. Domaines de fonctionnement

Plage exceptionnelle de fréquence			
Limite basse	Plage normale de fréquence		Limite Haute
44 Hz	48 Hz	52 Hz	54 Hz

Tableau 5 : Plages normale et exceptionnelles de fréquence

Toute installation doit être capable de façon constructive de rester connectée au réseau, pour des durées limitées, dans les plages exceptionnelles de fréquence :

- Limite haute de fréquence : 54 Hz. La protection de seuil d'îlotage doit être réglée entre 52,5 et 53,5 Hz avec une temporisation de 5 s.
- Limite basse de fréquence : 44 Hz. La protection de seuil d'îlotage doit être réglée entre 46 et 44,5 Hz avec une temporisation de 0,4 s.
- Une protection complémentaire de seuil d'îlotage à 47 Hz avec une temporisation de 60 s peut être acceptée sur demande du producteur.
- Pour les fréquences d'exploitation normales (48 Hz – 52 Hz), les installations de production raccordées au réseau électrique doivent rester connectées sans interruption de fourniture.

Une période d'exploitation minimale est définie selon les plages de fréquence anormales ci-dessous.

Intervalle de fréquence	Période d'exploitation minimale	Perte maximale de puissance
Entre 44,5 Hz et 46 Hz	Protection d'îlotage	
46 Hz – seuil protection d'îlotage	Fonctionnement 0,4 s	20 %
47 Hz – 46 Hz	Fonctionnement 60 s	15 %
48 Hz – 47 Hz	Fonctionnement 3 mn	10 %
48 Hz – 52 Hz	Fonctionnement permanent	0 %
52 - 54 Hz seuil protection d'îlotage	Fonctionnement 5 s	20 %
Entre 52,5 Hz et 53,5 Hz	Protection d'îlotage temporisée à 5 s	



Tableau 6 : Tenue demandée selon la fréquence

### 7.5. Domaine de fonctionnement fréquence tension

Le domaine de fonctionnement fréquence – tension aux bornes de l’alternateur est défini par le diagramme suivant

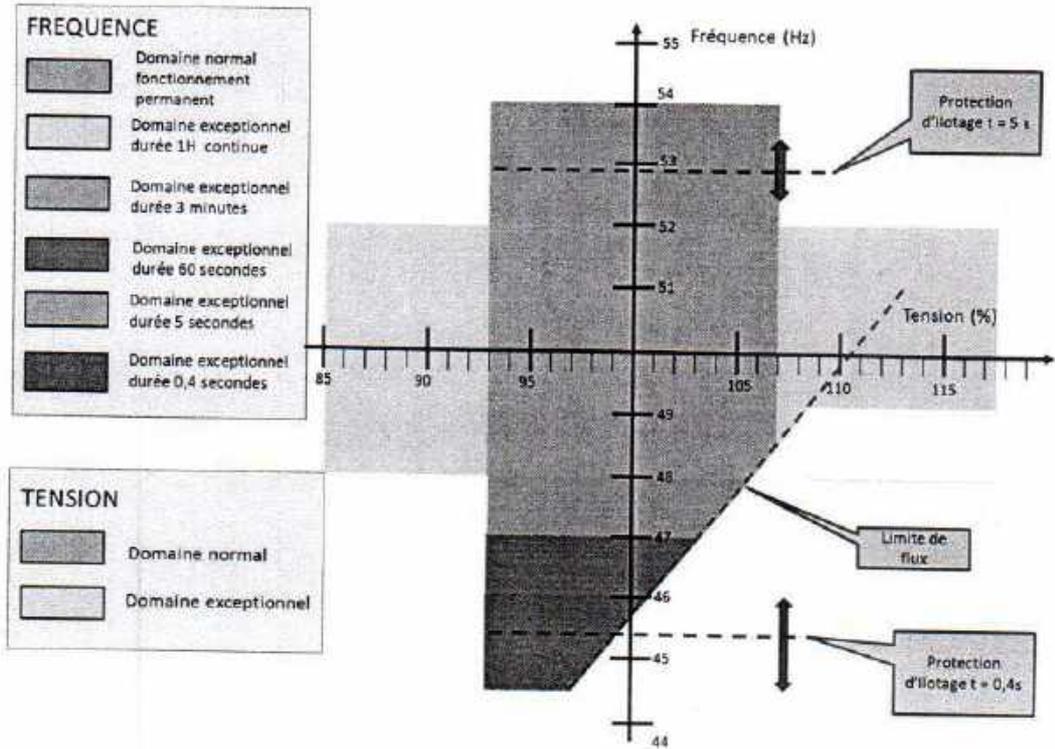


Figure 6 : domaine de fonctionnement puissance fréquence d'une installation avec alternateur

La limite de flux  $\frac{U/U_n}{f/f_n}$  est dépendante des caractéristiques de l'installation

Le diagramme ci-dessus concerne les grandeurs aux bornes de l'alternateur. Des contraintes mécaniques sur l'ensemble du groupe de production peuvent limiter les zones de fonctionnement. Afin d'assurer la sûreté du système, les réglages des protections en fréquence et tension devront respecter les seuils définis aux paragraphes 7.3. et 7.4.

### 7.6. Simultanéité de régimes exceptionnels de tension et de fréquence

En cas de simultanéité de valeur exceptionnelle de la fréquence et d'un domaine exceptionnel de tension, la réduction admissible de la puissance active de l'installation est la plus grande de celles imposées par les deux phénomènes. La durée de fonctionnement requise est la plus courte des deux.

En domaine exceptionnel de tension haute, si la fréquence atteint une valeur exceptionnelle basse, le rapport  $(U/U_n)/(f/f_n)$  est limité à une valeur définie en concertation entre le producteur et le Gestionnaire de Réseau, afin de ne pas franchir les valeurs de flux admissibles pour le transformateur ; la valeur minimale demandé est de 1,10. En cas de dépassement de ce seuil, l'installation continuera à fonctionner dans les limites de ses capacités constructives.

### 7.7. Réglage primaire puissance fréquence

Toute installation de production dont la puissance  $P_{max}$  est supérieure au seuil de marginalité à l'exception de celles mettant en œuvre de l'énergie fatale telles les fermes éoliennes, les installations photovoltaïques, les centrales hydrauliques « fil de l'eau » doit, par conception disposer d'une capacité constructive de réglage de la puissance supérieure ou égale à 10% de sa puissance  $P_{max}$ , dans les limites de sa puissance maximale. Cette réserve de puissance est dénommée (réserve primaire ou réserve tournante ou réserve chaude) Cette réserve de puissance est gérée par un régulateur automatique qui ajuste la puissance injectée en fonction de l'écart entre la valeur réelle de la fréquence et sa valeur de consigne.

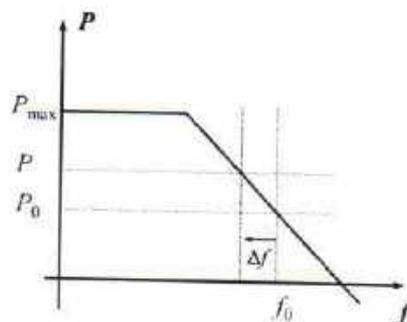
- En cas de fréquence inférieure à 50 Hz l'installation doit à partir de son point de fonctionnement  $P_0$  avoir la capacité d'augmenter sa puissance d'au moins 10 % de sa  $P_{max}$  dans la limite de  $P_{max}$ . Cette augmentation de puissance doit pouvoir être mise à disposition pendant une période pendant d'au moins 15 min
- En cas de fréquence supérieure à 50 Hz l'installation doit avoir la capacité de diminuer sa puissance jusqu'à sa puissance minimale admissible par l'installation permettant un fonctionnement stable :  $P_{mini}$

Dans le cas où l'installation de production comporte générateurs sur le même site, la réserve tournante est dimensionnée à partir de la somme des  $P_{max}$  des générateurs. Cette réserve normalement est répartie sur les différents générateurs proportionnellement à leur puissance unitaire  $P_{max}$  sauf accord du gestionnaire de Réseau.

#### 7.7.1. Loi de régulation

La loi de réglage du régulateur de puissance est une loi linéaire  $P = P_0 - K \cdot \Delta f$

- $P_0$  est la puissance correspondant au point de fonctionnement de l'installation lorsque la fréquence du réseau est à la fréquence nominale  $f_n$
- $K$  est l'énergie réglante en MW/ Hz
- $\Delta f$ : écart de fréquence :  $f - f_n$



On caractérise la loi de réglage du régulateur en utilisant le statisme de préférence à l'énergie réglante

$$s = \frac{1}{K} \times \frac{P_{max}}{f_0}$$

$$P = P_0 - \frac{P_{max}}{s} \times \frac{f - f_0}{f_0}$$

La plage de réglage du statisme **s** est précisée dans la convention de raccordement. Sauf indication contraire, la plage standard est réglable entre 3 et 10 %. Les modalités de modification de la valeur du statisme dans la plage fixée sont précisées dans l'annexe exploitation de la convention de raccordement.

Le fonctionnement de la régulation primaire doit être effectif sur toute la plage de puissance de  $P_{min}$  à  $P_{max}$ . Pour un point de fonctionnement  $[P_0 ; f_0]$  :

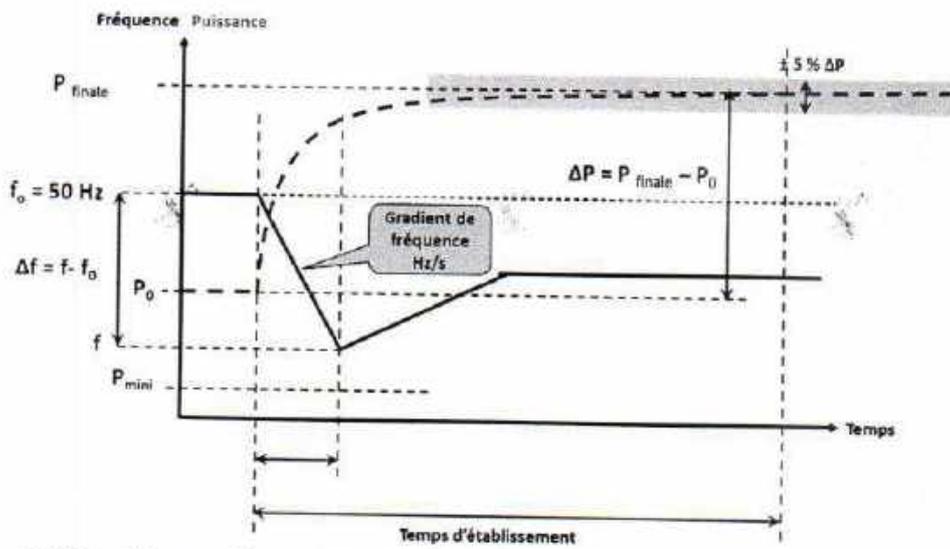
- Lors d'une baisse de fréquence, la puissance supplémentaire libérée -  $K \cdot \Delta f$  est limitée par la marge de puissance disponible  $P_{max} - P_0$  et le volume de réserve primaire ;
- Lors d'une hausse de fréquence, la diminution de puissance +  $K \cdot \Delta f$  est limitée par la marge de puissance disponible  $P_0 - P_{min}$ .

L'insensibilité du régulateur est définie par les valeurs limites (en plus et en moins) de la fréquence entre lesquelles le groupe ne réagit pas (pas d'effet de la régulation primaire). Cette insensibilité se compose d'une insensibilité involontaire due aux imperfections constructives de la chaîne de régulation et des actionneurs et éventuellement d'une zone d'insensibilité volontaire sous la forme de bande morte :

- La zone d'insensibilité involontaire régulateur doit être inférieure ou égale à 15 mHz.
- si le régulateur présente des bandes mortes, celles-ci doivent être réglées à zéro.

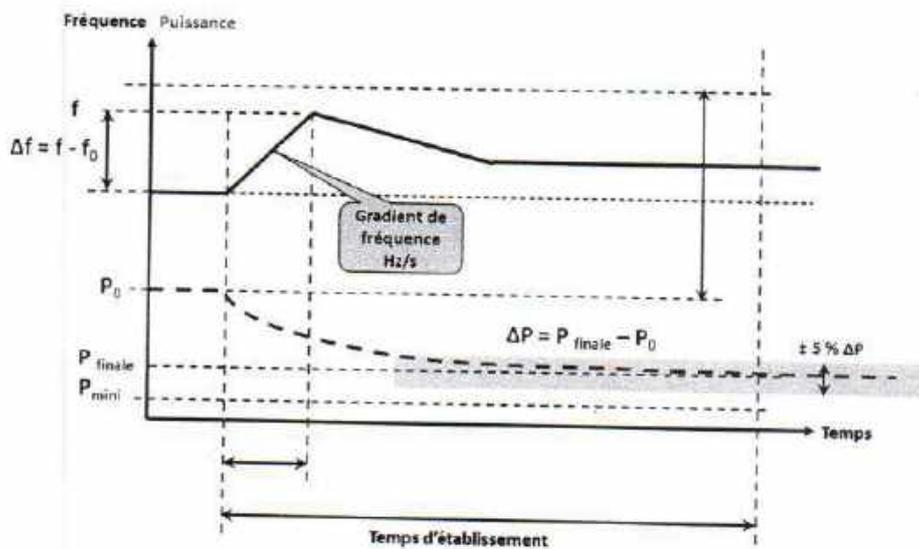
Le temps d'établissement est défini comme le temps d'établissement de la variation de puissance active  $\Delta P$  à  $\pm 5\%$  Cf. Figure 7 et Figure 8 .





Sur baisse fréquence  $P_{\text{finale}} = P_0 + \min (P_{\text{max}} - P_0; \text{Réserve primaire}, - K \cdot \Delta f)$

Figure 7 : réponse du réglage primaire de fréquence sur baisse fréquence



Sur hausse fréquence  $P_{\text{finale}} = P_0 - \min (P_0 - P_{\text{min}}; K \cdot \Delta f)$

Figure 8 : réponse du réglage primaire de fréquence sur hausse

Ce temps d'établissement doit être :

- sur baisse de fréquence :
  - Inférieur à 1,25 s pour un gradient de fréquence de  $-1 \text{ Hz/s}$  dans l'intervalle 50 – 48 Hz ;
  - Inférieur à 1 s pour un gradient de fréquence de  $-4 \text{ Hz/s}$  dans l'intervalle 48 Hz – 46 Hz

- sur hausse de fréquence :
  - Inférieur à 8 s pour un gradient de fréquence positif au-dessus de 50 Hz

Aucune protection à gradient de fréquence de type ROCOF ne doit être utilisée pour provoquer le découplage ou l'ilotage de l'installation.

En cas de simultanéité de régimes anormaux de fréquence et de tension, le comportement de l'installation est décrit au paragraphe 7.2.

Les conditions de participation à la régulation de la fréquence, le volume de réserve tournante, la valeur du statisme, l'insensibilité globale sont définies de façon contractuelle dans l'annexe exploitation du contrat de raccordement.

### 7.7.2. Réduction de puissance active en cas de fréquence haute.

Toutes les Installations de Production, y compris les installations de production mettant en œuvre de l'énergie fatale telles les fermes éoliennes, les installations photovoltaïques, les centrales hydrauliques « fil de l'eau » doivent disposer d'un système de contrôle-commande permettant de réduire la puissance active quand la fréquence augmente au-delà d'un seuil défini dans la convention de raccordement entre 50,2 Hz et de 51.5 Hz.

- Si l'installation participe à la constitution des réserves de réglage de fréquence, La réduction de puissance active est celle définie au paragraphe 7.7.1.
- Si l'installation ne participe à la constitution des réserves de réglage de fréquence, un système de contrôle-commande doit permettre de diminuer linéairement la puissance active à partir du seuil défini. La dynamique de réduction de puissance demandée au producteur est décrite sur la figure ci-dessous. Lorsque la fréquence excède 53 Hz, l'installation de Production ne doit pas restée connectée au réseau public de distribution d'électricité.



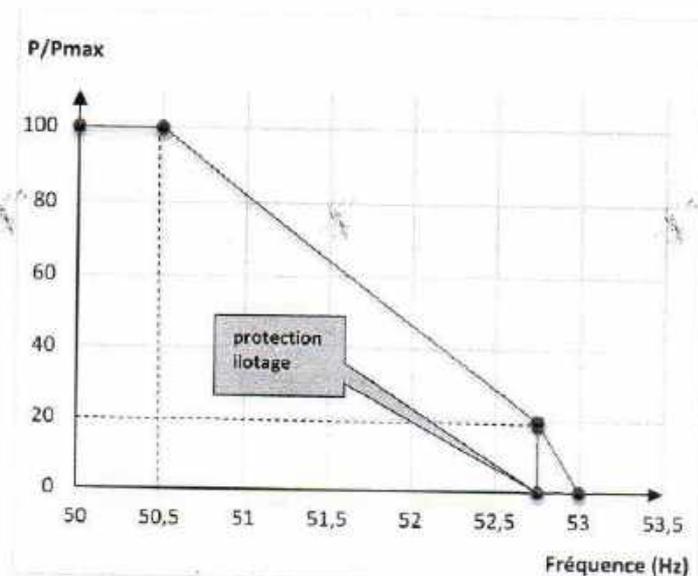


Figure 9 : illustration de la diminution de puissance pour un seuil de 50,5 Hz

### 7.8. Réglage secondaire puissance fréquence

Toute installation de production dont la puissance  $P_{max}$  est supérieure au seuil de marginalité à l'exception de celles mettant en œuvre de l'énergie fatale telles les fermes éoliennes, les installations photovoltaïques, les centrales hydrauliques « fil de l'eau » doit disposer d'une capacité constructive de réglage lui permettant de participer au réglage secondaire de fréquence.

Le réglage secondaire consiste à modifier la consigne de puissance de l'Installation  $P_0$  dans la plage de fonctionnement de l'Installation [ $P_{min}$  ;  $P_{max}$ ]. A la suite d'une baisse de fréquence ayant mobilisée les réserves primaires, la modification de la consigne de puissance de l'Installation  $P_0$  permet de ramener la fréquence du réseau à  $f_0 = 50$  Hz et de restituer les réserves primaires.

L'envoi de la consigne de puissance s'effectue depuis le Dispatching du Gestionnaire de Réseau vers le Chargé d'Exploitation de l'Installation de Production selon les dispositions mentionnées dans la convention de raccordement et dans son annexe exploitation. Cet envoi peut s'effectuer par des moyens de communication conventionnels : téléphone et action manuelle ou par envoi de télé valeur de consigne pris automatiquement en compte par le régulateur de puissance de l'Installation.

Une vitesse de variation (MW/minute) peut être demandé par le Gestionnaire de réseau, celle-ci doit toutefois être compatible avec la technologie de l'Installation de Production.

Si la participation de l'Installation au réglage secondaire de fréquence est exigée, la convention de raccordement et son annexe exploitation indiquent les modalités de mise en œuvre : modalité de transmission, délai de mise en œuvre, vitesse de variation de charge.

Lorsque l'installation participe au réglage fréquence / puissance en particulier lors de la mobilisation des réserves de puissance associées, elle doit conserver ses capacités de fourniture de service de tension/puissance réactive décrites aux paragraphes 8.3.

### **7.9. Réglage de la tension**

Toute installation de production dont la puissance  $P_{max}$  est supérieure au seuil de marginalité y compris celles mettant en œuvre de l'énergie fatale telles les fermes éoliennes, les installations photovoltaïques, les centrales hydrauliques « fil de l'eau » doit, par conception disposer d'une capacité constructive de régulation primaire de tension.

Le réglage de la tension consiste, par un système automatique de régulation de tension, à piloter les capacités constructives d'Injection ou de Soutirage de puissance réactive définies au 7.2.

L'étude de raccordement permet de déterminer si l'activation du réglage de tension est nécessaire ainsi que la loi de réglage qui sera appliquée à l'Installation. Deux types de loi de régulation sont couramment utilisés :

#### **Type 1 : Q constant ou $\tan \phi$ constante**

En général ce réglage s'applique à une mesure au point de livraison. La consigne de la loi Q constant ou  $\tan \phi$  constante doit pouvoir être modifiée localement à la demande du Dispatching du Gestionnaire de Réseau.

#### **Type 2 : Loi de réglage locale $Q = f(U)$ avec $U = U_{consigne}$**

La valeur de consigne peut être une valeur de consigne affichée localement et modifiable à la demande du Dispatching ou une valeur de consigne télétransmise depuis le dispatching.

- La grandeur à réguler est généralement la tension au point de livraison
- La loi de réglage doit prendre en compte l'atteinte des limitations (plages min/max de variation de la consigne, vitesse maximale de variation de la consigne) pour élaborer à partir de  $U_{consigne}$  la consigne à appliquer au régulateur primaire de tension.

- La précision du réglage de la tension du groupe de production doit être telle que la valeur résultante reste à l'intérieur d'une plage  $\pm 1\%$   $U_n$  autour de la valeur de consigne.

Lorsqu'une installation comporte plusieurs générateurs, un statisme en tension réactif assure la répartition de la contribution au réglage de tension entre les différents générateurs.

Si la participation de l'installation au réglage de tension est exigée, la convention de raccordement et son annexe exploitation indiquent les modalités de mise en œuvre : point de mesure de la grandeur à réguler, type de loi, valeur de consigne.

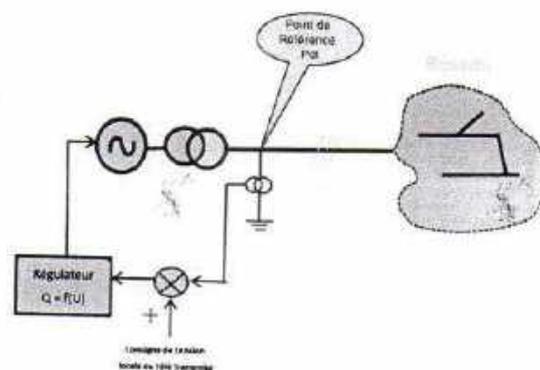


Figure 10 : loi de réglage de la tension au point de livraison

### 7.10. Conditions de couplage

Le couplage de l'installation de production au réseau MT doit être assuré par un organe de coupure appartenant au producteur. Il doit être possible dans la plage de fréquence 49 Hz – 51 Hz, et dans une plage de tension d'amplitude  $\pm 10\%$  autour de la tension de la prise du transformateur en service, limitée au domaine normal de fonctionnement du réseau.

Lors de son couplage, l'installation de production ne doit être couplée au réseau HT que lorsque les conditions suivantes sont respectées :

- Écart de fréquence inférieur à 0,1 Hz,
- Écart de tension inférieur à 10%,
- Écart de phase inférieur à 10°.

### 7.11. Ilotage

En partant d'une situation de fonctionnement normal, les groupes des installations de production au réseau HT doivent être capables de se replier dans une situation de disponibilité (Ilotage sur leurs auxiliaires) et d'avoir la capacité de procéder ultérieurement, sur demande du Gestionnaire de Réseau à un recouplage dans les meilleurs délais au réseau.

Ces capacités doivent être intégrées dans les dispositions constructives.

Le réglage des protections d'ilotage est défini par le Gestionnaire de Réseau en fonction des besoins du système électrique et de la participation éventuelle de l'installation à un réseau séparé en concertation avec le producteur.

La durée de tenue en ilotage est précisée dans l'annexe exploitation de la Convention de Raccordement.

### 7.12. Fonctionnement en réseau séparé

Dans certaines situations particulières et exclusivement à la demande Gestionnaire de Réseau, l'Installation de Production peut former seule ou avec un ou plusieurs autres Installations de Production reliés par des ouvrages du réseau MT, un réseau séparé de petite taille. Pour permettre un fonctionnement dans une telle configuration, il faut :

- Que l'installation dispose des fonctions de réglage de tension et de réglage de la fréquence ;
- S'assurer que le régime de neutre et le plan de protection vis-à-vis des défauts entre phases et à la terre sont assurés.

Si un tel fonctionnement est demandé, les dispositions générales nécessaires sont précisées dans la convention de raccordement et les relations d'exploitation Gestionnaire de Réseau sont précisées dans l'annexe exploitation de la Convention de Raccordement. Cette fonctionnalité fait partie des tests de fonctionnement avant la mise en exploitation de la Centrale.

### 7.13. Reconstitution du Réseau

Afin d'assurer la sûreté du système électrique, le Gestionnaire de Réseau peut être amené à demander à certains groupes de production raccordés au réseau MT et dont la puissance est supérieure au seuil de marginalité de participer à la reconstitution du réseau. Cette situation intervient en général suite à un blackout avec comme situation initiale un réseau hors tension, des groupes en ilotage ou des groupes hors tension. La possibilité pour une Installation de Production d'assurer la reconstitution de réseau suppose de remplir un ensemble de conditions :

- le système de protection doit permettre le renvoi sur le réseau hors tension ;
- les groupes doivent pouvoir démarrer en autonome sans renvoi de tension depuis le réseau (blackstart).
- L'Installation doit disposer de fonctions de réglage de tension et de réglage de la fréquence ;
- le régime de neutre et le plan de protection vis-à-vis des défauts entre phases et à la terre doivent être assurés. La capacité des installations à interface à électronique de puissance à fournir de la puissance de court-circuit doit être vérifiée
- L'installation doit avoir la capacité de répondre aux impacts de charge résultant de la reconstitution du réseau.

La possibilité et les modalités d'un fonctionnement en reconstitution du réseau doivent être examinées en commun entre le Gestionnaire du Réseau et le Producteur. Les dispositions générales nécessaires sont précisées dans la convention de raccordement et les relations d'exploitation avec le Gestionnaire de Réseau sont précisées dans l'annexe exploitation de la Convention de Raccordement. Cette fonctionnalité fait partie des tests de fonctionnement avant la mise en exploitation de la Centrale.



## 7.14. Dispositif d'Echange des Informations d'Exploitation (DEIE)

Pour les installations dont la puissance  $P_{max}$  est supérieure au seuil de marginalité, le producteur doit équiper son installation de dispositifs de téléconduite et de communication, y compris ceux associés au comptage, conformes aux spécifications du gestionnaire du réseau et compatibles avec les dispositifs du réseau MT.

Les informations à échanger avec le gestionnaire du réseau MT dépendent de l'importance de l'installation par rapport à l'observation et la conduite du réseau et notamment de son mode de participation aux services auxiliaires.

Le Dispatching doit disposer de données relatives à l'installation de production nécessaires à la conduite du réseau :

- Le Dispatching doit pouvoir communiquer au Chargé de Conduite de l'Installation :
  - les ajustements éventuels du programme de marche de la journée en cours,
  - envoyer les consignes de réglage centralisé : niveau de  $P_0$  .....
  - en cas d'aléa, demande de découplage, autorisations de recouplage après incident.
  
- Le Dispatching doit pouvoir disposer d'information relatives à l'état de l'Installation :
  - Des téléseignalisations de position des principaux appareils de coupure : disjoncteurs et sectionneurs, les alarmes disjoncteurs et les principales alarmes liées au fonctionnement du poste d'évacuation, l'état de disponibilité de l'Installation ;
  - Des télémesures pour les puissances actives, puissances réactives et intensités de transit des circuits d'évacuation, tension sur les jeux de barres MT ;
  
- Le producteur doit aussi pouvoir communiquer au Dispatching les limitations de performance et les réserves en puissance active et réactive ainsi que les indisponibilités susceptibles d'affecter la production, les services système ou le programme de marche dans les heures à venir.

Le gestionnaire du réseau MT remet au producteur un cahier des charges précisant la nature des informations à échanger avec son installation et les conditions dans lesquelles celle-ci doit être raccordée aux systèmes de téléconduite et de communication du réseau. Il lui prescrit les exigences concernant les formats d'échanges de données, de performances et de fiabilité que ses équipements doivent respecter ainsi que les exigences de qualité qui permettent de garantir leur fonctionnement correct dans le temps.

En retour, le producteur doit fournir au gestionnaire du réseau MT un plan qualité des équipements de communication et de téléconduite décrivant les dispositions et les choix retenus pour leur conception et leur réalisation. Ce plan doit aussi préciser les conditions de mise en service et de maintenance curative, préventive et évolutive de ce système, ainsi que les dispositions relatives à son exploitation.

Le producteur est responsable du maintien en conditions opérationnelles de ses équipements de téléconduite et de communication jusqu'au Dispatching. Si en cours de vie de l'installation, il s'avère nécessaire de les modifier pour les adapter à des évolutions de l'installation ou à des évolutions du système de téléconduite de



telles modifications et leurs échéances doivent être définies dans le cadre d'une concertation entre le Gestionnaire du Réseau et le Producteur.

En de panne d'équipement ou d'indisponibilité des moyens de communication, le personnel du Dispatching doit pouvoir communiquer avec les Chargés de conduite des Installations de Production via un mode dégradé défini par l'annexe convention d'exploitation

Le producteur est aussi responsable de la mise en œuvre des mesures assurant la protection des personnes et des biens contre les risques électriques qui peuvent être générés par le matériel de communication, notamment celles destinées à limiter une montée de potentiel dangereuse des masses sur le réseau de télécommunication en cas de défaut.

Un cahier des charges des échanges d'information d'exploitation est établi par le Gestionnaire du Réseau et annexé à la convention de Raccordement. Il précise :

- Les caractéristiques du matériel de téléconduite constituant le DEIE, le protocole de communication CEI 61-850 afin que celui soit compatible avec le matériel utilisé au Dispatching ;
- Les conditions d'installation, la répartition des charges d'achat, d'installation et de maintenance
- La liste des informations échangées : télémesures, télésignalisations, télécommandes, télé valeurs de consigne.
- Le partage des responsabilités entre le Gestionnaire de Réseau et le Producteur

### 7.15. Dispositif d'Enregistrement et de surveillance

Les Installation de Production dont la puissance P max est supérieure au seuil de marginalité et qui assurent des fonctions de réglage primaire de fréquence et de réglage de la tension peuvent être équipées à la demande du Gestionnaire de Réseau d'un enregistreur de perturbation de fréquence d'échantillonnage > 3 kHz installé au point de livraison. Cet enregistreur a pour objet :

- De permettre d'analyser le comportement du réseau lors de situations exceptionnelles : défaut, écroulement de tension, délestage, passage en réseau séparé, blackout ...
- De vérifier la conformité du comportement de l'installation de production aux règles de fonctionnement figurant dans les documents contractuels.
- De vérifier les performances de l'installation de Production ;

A titre indicatif, il est proposé d'enregistrer les informations suivantes :

- Enregistrement des trois tensions
- Enregistrement des trois courants
- Enregistrement des puissances actives et réactives injectées et absorbées
- Enregistrement de la fréquence



- Enregistrement du fonctionnement des protections (grandeur logique)
- Déclenchement sur franchissement de seuil de tension, de courant et de protection

Le cahier des charges des échanges d'information d'exploitation établi par le Gestionnaire du Réseau précise :

- Les caractéristiques du matériel de l'enregistreur de perturbation : fréquence d'échantillonnage, capacité, protocole de télérelève
- Les conditions d'installation, la répartition des charges d'achat, d'installation et de maintenance
- La liste des informations enregistrées.

Cet enregistreur est alimenté par une source auxiliaire secourue à courant continu installé dans le Poste de livraison.

La configuration du Dispositif de Surveillance sera réalisée en commun entre les Parties. Les données issues de ce Dispositif de Surveillance seront mises à dispositions du Gestionnaire du Réseau et du Producteur.

Si l'installation d'un Dispositif de Surveillance est exigée, la convention de raccordement mentionnera les caractéristiques de ce dispositif et les informations devant être enregistrées. L'annexe convention d'exploitation précisera les modalités d'accès aux données pour le Gestionnaire de réseau et le Producteur.

### 7.16. Alimentation auxiliaire secourue

Plusieurs appareils nécessitent une alimentation à courant continu secourue afin de garantir une alimentation permanente des appareils dont les fonctions interviennent en cas de défaut ou de perturbation du réseau public. De façon générale ces appareils sont :

- Protection générale ;
- Protection de découplage ;
- Système d'Echange d'Information : DEIE ;
- Boîtier de téléaction éventuel ;
- Dispositif d'enregistrement et de surveillance ;
- Boîtier d'interface de communication entre fibre optique et réseau de communication filaire (RS232, RS485, Ethernet, ...)
- Comptage (afin de permettre d'accéder au comptage lorsque le réseau est hors tension)

Le détail des appareils alimentés par cette alimentation secourue est précisé dans la Convention de Raccordement

Cette alimentation devra assurer, par défaut, une autonomie de 48 heures calculée sur la totalité des appareils en service. Une tension de 48 volts convient généralement aux différents appareils. Les circuits desservant les différents appareils seront protégés individuellement.



Tout déclenchement d'un des circuits continu, toute anomalie de l'alimentation (tension anormale, perte d'alimentation alternative) donnera lieu à une information que le Producteur a obligation d'exploiter dans les plus brefs délais afin de corriger le problème.

La fourniture, l'entretien, le renouvellement de l'alimentation secourue et de l'ensemble des circuits desservant les différents appareils dans le Poste de livraison sont à la charge du Producteur.

### **7.17. Installations de télécommunication**

Le Producteur met à disposition du gestionnaire de réseau les installations de communication nécessaires aux différents appareils télérelevables : compteur, DEIE, dispositif d'enregistrement et de surveillance.....

Le support d'acheminement des informations entre l'Installation de Production et le Gestionnaire du Réseau dépend des possibilités offertes. La Convention de raccordement précisera le support retenu ainsi que les responsabilités pour l'établissement, l'entretien et le renouvellement de l'ensemble des dispositifs assurant la liaison de communication.

### **7.18. Caractéristiques des ouvrages**

#### **7.18.1. Ouvrages de raccordement entrant dans la concession**

Les ouvrages de raccordement sont réalisés conformément à la réglementation et aux normes en vigueur. Les normes constructives de génie civil des bâtiments et massifs supports d'appareillages doivent prendre en compte les caractéristiques d'environnement locales. Les ouvrages entrant dans la concession sont réalisés conformément aux spécifications fournies par le Gestionnaire de Réseaux et font l'objet d'une remise gratuite.

Le dossier de conception des ouvrages de raccordement entrant dans la concession sera soumis préalablement pour accord au Gestionnaire de Réseau avant toute consultation d'entreprise

#### **7.18.2. Ouvrage de la centrale**

Les caractéristiques électriques des appareillages constituant les installations du Producteur doivent être compatibles avec celles du réseau auquel sont raccordées ses installations, notamment en matière de coordination de l'isolement et de la tenue par rapport au niveau de court-circuit.

Il est demandé au Producteur, lors de la conception de ses installations, de vérifier auprès du Gestionnaire de Réseau les caractéristiques électriques applicables au Point de Livraison.

### **7.19. Exigences relatives aux systèmes de comptage**

Un système de comptage mesurant les énergies actives et réactive au point de livraison doit être installé dans le Poste de Livraison. Les matériels de comptages sont installés dans le Poste de Livraison de façon à être accessible en permanence au personnel du Gestionnaire de réseau qui pourra à tout moment en contrôler le fonctionnement. L'emplacement pour l'installation des compteurs doit être approuvée par le Gestionnaire du réseau.



Le système de comptage de référence est composé du compteur de référence et des réducteurs de mesure de courant et de tension. Les caractéristiques de ces matériels sont mentionnées dans le cahier des charges du comptage établi en conformité avec le chapitre comptage du grid code

Le compteur électronique de référence est fourni et entretenu par le Gestionnaire de Réseau. Ce compteur est télé-relevables via le protocole de communication COSEM Cf. CEI 62056-42/46/53/61/62.

- Le Gestionnaire de Réseau disposera d'un accès numérique, via une liaison de communication au port gestionnaire du réseau du compteur permettant la lecture et la programmation du compteur.
- Le producteur disposera d'un accès numérique, via une liaison de communication au port client du compteur permettant la lecture du compteur.

Les réducteurs de mesures mesure : transformateurs de courant et de tension font parties de l'installation du producteur et sont fournis et entretenus par le Producteur. Leurs caractéristiques sont mentionnées dans le cahier des charges du Comptage

### **Pannes et erreurs**

Le Compteur de référence est utilisé pour la facturation. Le Producteur peut installer son propre compteur.

Si le Producteur constate une différence supérieure à la classe de précision du dispositif de comptage, entre les données de son compteur et celles du Compteur de référence, le Producteur informera immédiatement le Gestionnaire de réseau de la situation, les deux parties se rapprocheront pour définir les vérifications à effectuer.

En cas de panne ou mauvais fonctionnement du Compteur de référence utilisé pour la facturation, celui installé par le Producteur le remplacera provisoirement celui-ci.

### **Inviolabilité et Scellés**

L'installation de Comptage est conçue de façon à être inviolable. Les borniers des circuits de mesure courant et tension, les boîte d'essai... doivent être rendus inaccessibles par la mise de scellés du Gestionnaire de Réseau qui ne doivent ni être brisés ou ôtés sans son accord écrit préalable, sous peine de sanction. Dans le cas où le Producteur aurait à accéder à ces circuits, il en fera la demande préalable au Gestionnaire de Réseau et l'informer de la fin des travaux.

### **Inspection et contrôle**

Un étalonnage sera effectué par le gestionnaire de Réseau, à la mise en service et durant l'exploitation selon les normes et procédures en vigueur.

Le Gestionnaire de réseau a le droit de procéder sans préavis à la vérification du système de comptage aussi souvent qu'il le jugera nécessaire.



Le Producteur peut demander un étalonnage du Compteur, celui-ci sera réalisé par SONELEC en présence du producteur.

### Redevance

Le compteur de référence fait l'objet d'une redevance de location-entretien payée par le Producteur

## **8. EXIGENCES RELATIVES A L'EXPLOITATION**

### **8.1. Convention d'exploitation des installations**

#### *8.1.1. Contenu des Conventions d'Exploitation*

La convention d'exploitation précise les modalités opérationnelles pour l'exploitation de l'Installation de Production raccordée au Réseau Public en cohérence avec les règles d'exploitation du Réseau.

Le principaux points objet de la convention d'exploitation sont les suivants :

- Représentation des Parties
  - Identification des interlocuteurs du Gestionnaire de Réseau et du Producteur
  - Moyen de communication en situation normale et dégradée : permanences, communications d'exploitation, dispositif d'Échange d'Informations d'Exploitation (DEIE), communications téléphoniques et messages collationnés
- Point de Livraison et Limite d'exploitation
  - Schéma du poste de livraison
  - Identification des limites de propriété et droit de manœuvre
  - Accès aux ouvrages et appareils au du poste de livraison
  - Procédures d'intervention sur les ouvrages
  - Responsabilité d'entretien
- Dispositif de protection :
  - Constitution des différentes protections générales et de découplage
  - Réglages
- Dispositif de comptage :
  - Constitution du dispositif de comptage, compteur et réducteur de mesure ;
  - Accès aux différents composants
  - Vérification de la métrologie
  - Correction des données de comptage
  - Accès aux données de comptage pour le Gestionnaire et le Producteur
- Dispositif d'échange d'information d'exploitation
  - Constitution du dispositif et communication
  - Liste des informations échangées et actions à effectuer
  - Relation en cas d'indisponibilité



- Responsabilité d'entretien
- Fonctionnement en régime normal d'alimentation
  - Règle de couplage des groupes de Production
  - Planning prévisionnel de fonctionnement et d'arrêt
  - Prévion de production par point demi horaire pour les installations utilisant des énergies renouvelables
  - Mise en œuvre du planning de marche
  - Participation au réglage primaire de fréquence si exigé : niveau de réserve primaire, statisme
  - Participaton au réglage secondaire de fréquence si exigé : modalité de transmission de  $P_0$
  - Participation au réglage primaire de tension si exigé : loi de réglage demandé
- Fonctionnement en régime exceptionnel d'alimentation
  - Signalement des incidents et information sur le dépannage du Réseau Public
  - Modalités de reprise suite à une coupure d'alimentation du Réseau
  - Demande de découplage de l'installation
  - Participation à la reconstitution du réseau. Si exigé : modalités pratiques de mise en œuvre, échanges d'informations entre Gestionnaire du réseau et Producteur
- Fonctionnement en cas de défaut de l'Installation de Production
  - Remise en service de l'Installation de Production suite au fonctionnement de la Protection générale de l'Installation de Production
  - Marche en dégradé suite à l'indisponibilité du Poste de Livraison ou des protections électriques de l'Installation de Production

## 8.2. Procédures de maintenance, d'entretien et de dépannage des installations

Pour la sécurité et le bon fonctionnement du réseau électrique, les Producteurs et les Gestionnaires de réseau sont tenus de respecter les procédures en vigueur lors des travaux de maintenance, d'entretien et de dépannage des installations, notamment :

- ✓ Les procédures d'arrêt (demande, traitement, autorisation) ;
- ✓ Les procédures de remise en exploitation.

## 8.3. Exigences pour les vérifications avant mise en service

La mise en service de toute Installation de Production est subordonnée à un contrôle préalable de ses performances permettant de vérifier la conformité aux prescription mentionnées dans la Convention de Raccordement Cf. annexe 2.

Durant la vie de l'installation, il convient de vérifier de façon périodique le maintien des performances initiales ainsi qu'à la suite de dysfonctionnements constatés. Trois types de contrôle sont mis en œuvre :



- Le contrôle à effectuer avant la première mise en service de toute installation de production nouvelle ou, le cas échéant, avant la remise en service s'il s'agit d'une installation de production déjà raccordée ayant subi une Modification Substantielle ou ayant été arrêtée pendant plus de deux ans ;
- Le contrôle à effectuer périodiquement au cours de la vie de l'installation de production pour vérifier le maintien dans le temps des performances initiales ; par convention, ce contrôle périodique inclut le contrôle qui intervient de façon continue par l'enregistrement de grandeurs caractéristiques des performances de l'installation par le système d'enregistrement et de surveillance ;
- Le contrôle à effectuer ponctuellement, après constatation d'un dysfonctionnement d'une installation de production.

Le contrôle des règles générales destinées à assurer la sécurité de l'installation de production au regard du risque électrique pour les personnes ayant à intervenir dans le poste de livraison et sur les autres parties de l'installation faisant interface avec le réseau public d'électricité est réputé effectué sur la base des textes régissant la protection des travailleurs en France. Ces vérifications sont à la charge du chef d'établissement et sont effectuées conformément aux dispositions de l'article 53 du décret du 14 novembre 1988, dès lors que, notamment, le respect des normes NF C13-100 et NF C13-200 a été vérifié. Preuve doit en être faite par les rapports de vérification prévus par le décret précité.

### 8.3.1. Méthode et moyens de contrôle

Il est effectué un contrôle de la conformité de l'installation de production aux prescriptions de ce texte au moyen :

- d'un récolement (REC). Il est effectué conjointement par le producteur et le gestionnaire du réseau public d'électricité ;
- de documents du constructeur attestant la conformité d'un équipement à des spécifications techniques (ATTEST). Ces documents sont fournis par le producteur ou sous sa responsabilité ;
- d'essais de certaines fonctionnalités de l'installation de production et de ses différents sous-systèmes (ESSAIS). Ces essais sont effectués conjointement par le producteur et le gestionnaire du réseau public d'électricité ;
- des études (ETUDE) telles que, par exemple, des simulations numériques. Ces études sont réalisées par le producteur ou sa responsabilité ;
- de la vérification de réglages de fonctionnement et de valeurs prises par certains paramètres mesurables (VERIF). Cette vérification est faite conjointement par le producteur et le gestionnaire du réseau public d'électricité.



### 8.3.2. Contrôles avant la mise en service ou avant la remise en service

Le contrôle de performance est effectué avant :

- la mise en service d'une nouvelle installation
- une nouvelle mise en service de toute installation de production ayant subi une modification substantielle. En fonction de la nature et de l'ampleur de la modification substantielle, il peut porter aux seules parties nouvelles ou modifiées. Dans ce cas, le producteur atteste que les parties non modifiées de l'installation de production conservent les performances déclarées à l'occasion du raccordement initial ou, le cas échéant, de la dernière modification substantielle intervenue sur l'installation.

Le producteur conserve pendant toute la durée de vie de l'installation de production la documentation technique établie initialement et à l'occasion de chaque modification substantielle.

Le tableau ci-après précise les différents moyens qui peuvent être mis en œuvre pour le contrôle des performances de l'installation en fonction des prescriptions, dont les références sont rappelées en colonne de gauche, relatives au raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique

Lorsque le tableau prévoit un essai ou une vérification, cette opération est réalisée en conformité avec les dispositions prévues par la documentation technique de référence du gestionnaire du réseau public dès qu'elle sera disponible. Ces dispositions tiennent compte de la nature de l'installation de production et de sa puissance.

Les autres moyens sont à mettre en œuvre ainsi qu'il est précisé dans la documentation technique de référence qui peut prévoir des équivalences entre lesdits moyens.

Type de contrôle					
Libellé	RÉC	ATTEST	ESSAIS	ÉTUDE	VÉRIF
Protections de découplage (vis-à-vis des défauts sur le réseau public)	X	X	X		X
Puissance de court-circuit	X	X		X	
Protections de découplage (vis-à-vis des défauts sur le réseau public)	X	X	X		X
Coordination des protections de l'installation et du réseau	X	X		X	X
Puissance réactive et participation au réglage de tension	X	X	X	X	X
Réglage puissance fréquence	X	X	X	X	X
Fonctionnement en réseau séparé	X	X	X	X	X
Reconstitution de réseau et blackstart	X	X	X	X	X
Taupe en fréquence	X	X			

Tenue en tension	X	X			
Variations simultanées de tension et de fréquence	X	X			
Tenue au creux de tension	X	X			
Qualité de la tension	X	X			X
Couplage découplage des installations	X	X			X
Relations de conduite entre producteur et gestionnaire du réseau	X	X	X		
Participation au réglage primaire puissance-fréquence	X	X	X		X

*Tableau 7 : type de contrôle à effectuer à la mise en service ou remise en service*

### 8.3.3. Contrôles périodiques

Toutes les installations de production raccordées en MT à un réseau public de distribution d'électricité, font l'objet du contrôle périodique

#### Installation ayant fait l'objet d'un contrôle initial avec un PV de réception

Si l'installation de production a fait l'objet d'un contrôle effectué lors de son raccordement initial au réseau ou, le cas échéant, à l'occasion de sa remise en service la plus récente après une modification substantielle ou une interruption de plus de deux ans, la première échéance du contrôle périodique intervient dix ans après la mise ou la remise en service et le contrôle est par la suite renouvelé au moins tous les dix ans.

Le contrôle périodique des installations de production est effectué au regard des prescriptions de ce texte en tenant compte, le cas échéant, des performances de référence qui ont été retenues pour l'installation de production, telles qu'elles ont été consignées dans sa convention de raccordement ou sa convention d'exploitation.

#### Installation n'ayant pas fait l'objet d'un contrôle initial ou pour lesquels il n'existe pas de rapport de contrôle

Pour ces Installations de Production, le premier contrôle intervient quand l'installation de production a atteint au maximum dix ans d'âge de fonctionnement depuis sa première mise en service.

Pour ces installations, le contrôle périodique est basé sur la vérification des performances consignées dans les conventions de raccordement et d'exploitation de l'installation ou dans les documents qui en tiennent lieu selon des modalités qui sont précisées dans la documentation technique de référence.

Le contrôle est effectué par les moyens précisés au 8.3.1. ainsi qu'au moyen de la surveillance (SURVEIL) si celui-ci existe ou à partir des analyses d'incident si ce dispositif n'est pas installé

Lorsque le tableau prévoit un essai ou une vérification, cette opération est réalisée en conformité avec les dispositions prévues par la documentation technique de référence du gestionnaire du réseau public de



distribution d'électricité. Ces dispositions tiennent compte de la nature de l'installation de production et de sa puissance.

Libellé	Type de contrôle					
	RÉC	ATTEST	ESSAIS	ÉTUDE	VÉRIF	SURVEIL
Protections de découplage (vis-à-vis des défauts sur le réseau public)	X	X	X		X	
Puissance de court-circuit	X	X				
Protections de découplage (vis-à-vis des défauts sur le réseau public)	X	X	X		X	X
Coordination des protections de l'installation et du réseau	X	X			X	
Puissance réactive et réglage de tension	X	X	X		X	X
Tenue en fréquence	X	X				X
Tenue en tension	X	X				X
Variations simultanées de tension et de fréquence	X	X				X
Réglage Puissance fréquence	X	X	X		X	X
Fonctionnement en réseau séparé	X	X	X		X	X
Reconstitution de réseau et blackstart	X	X	X		X	X
Tenue au creux de tension	X	X				X
Qualité de la tension	X	X			X	
Couplage découplage des installations	X	X				X
Relations de conduite entre producteur et gestionnaire du réseau	X	X	X			X
Participation au réglage primaire puissance-fréquence	X	X	X		X	X

#### 8.3.4. Contrôles après un dysfonctionnement

Pour le contrôle demandé par le gestionnaire du réseau public d'électricité après qu'un dysfonctionnement a été constaté, les contrôles à réaliser sont adaptés en fonction de la nature du dysfonctionnement de façon à vérifier que celui-ci ne puisse se reproduire.



## 9. ANNEXES 1 CAHIER DES CHARGES DU SYSTEME DE COMPTAGE

### 9.1. Objet du Dispositif de Comptage

Le comptage doit permettre la mesure des grandeurs utilisées par :

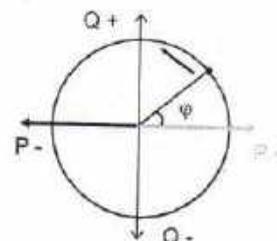
- le Contrat de vente au Producteur, lorsqu'il existe, dont l'objet est de facturer au Producteur l'énergie soutirée par les auxiliaires lorsque l'installation de Production est à l'arrêt
- le tarif d'achat lorsque l'installation produit. La conception du schéma électrique et du dispositif de comptage doit permettre de mesurer les grandeurs électriques hors consommation des services auxiliaires.
- Les grandeurs nécessaires à la vérification des performances de l'Installation : puissances active, réactives injectées et soutirée, tension en particulier si aucun dispositif de surveillance n'est installé,

### 9.2. Compteur

#### 9.2.1. Mesures

Les mesures seront effectuées sur les quatre quadrants. Celles-ci seront exprimées directement en valeur primaire. A cette fin le rapport de transformation des réducteurs de mesures sont paramétrés dans le compteur. Toutes les mesures sont effectuées sur la période de facturation qui est le mois calendaire

- mesure de l'énergie active soutirée P+ (kWh) et des énergies réactives (kVarh) selfique ou soutirée Q+ et capacitive ou injectée Q- en période de Soutirage de l'énergie active ;
- mesure de l'énergie active injectée P- (kWh) et des énergies réactives (kVarh) selfique ou soutirée Q+ et capacitive ou injectée Q- en période d'Injection de l'énergie active ;
- Ces mesures seront effectuées pour chaque poste tarifaire et stockées en fin de période de facturation sous la forme d'index ;
- Mesure des puissances moyennes sur la période d'intégration : apparente S (kVA), active P+ et P-(kW), et réactives (kVAR) selfique Q+ et capacitive Q- sur la période d'intégration. Ces puissances moyennes seront datées et stockées. La capacité de stockage sur la base d'une période d'intégration de 10 mn doit être > 100 jours ;
- Mesure des tensions moyennes sur la période d'intégration au Point de Livraison ;
- Mesure du dépassement de la puissance apparente ou active moyennée sur la période d'intégration pour la période tarifaire correspondante par rapport à la puissance souscrite de la période ;



- calcul du dépassement par rapport à la puissance souscrite dans la période tarifaire soit puissance max atteinte soit calcul par le compteur de la moyenne quadratique des dépassements de la période ;
- mesure de la durée de dépassement pour chaque période tarifaire ;
- Paramétrage du compteur pour la mesure ;
  - possibilité de paramétrer tous les rapports de TC figurant dans la CEI 60044-1 ;
  - période d'intégration pour la mesure des puissances moyennes paramétrable : de 1 à 15 mn ;
  - type de puissance moyenne surveillée : apparente ou active ;
  - Paramétrage de la période de facturation : du début à la fin du mois, changement à 0 heure en fin de mois ;
  - Calendrier des postes tarifaires ;
  - Possibilité de paramétrer au moins 2 saisons dans l'année ;
  - Pour chaque saison paramétrage d'un profil hebdomadaire permettant pour chaque jour l'application de trois périodes tarifaires ;
  - Paramétrage des puissances souscrites par poste tarifaire (en P apparente ou active selon le paramétrage du type de puissance surveillée.

Toutes ces mesures doivent être rapportées au point de livraison. A cette fin le comptage s'effectue de préférence à la tension du Point de Livraison. Dans le cas où pour des raisons techniques ou financières, les réducteurs de mesure sont situés à un Point de Comptage différent du Point de Livraison, voire à une tension différente de celle du Point de Livraison, les mesures doivent être corrigées pour être ramenées au point de livraison. Les modalités de correction sont publiées dans le contrat de raccordement et reportées dans le contrat d'achat. Ces corrections peuvent être effectuées soit par traitement des données de comptage ou de préférence directement dans le compteur en paramétrant les paramètres de correction si le compteur le permet

### 9.2.1. Caractéristiques du compteur

#### Références normatives

Numéro	Désignation
CEI 62052-11	Equipement de comptage de l'électricité (c.a.) - Prescriptions générales, essais et conditions d'essais – partie 11 : Equipement de comptage (équivalent à la norme EN 6205-11)
CEI 62053-21	Equipement de comptage de l'électricité (c.a.) - Prescriptions particulières - Compteurs Statiques pour mesure d'énergie active (classes 1 et 2) (équivalent à la norme EN 62053-21)
CEI 62053-22	Equipement de comptage de l'électricité (c.a.) - Prescriptions particulières - Compteurs statiques d'énergie active (classes 0,2S et 0,5S)

Numéro	Désignation
CEI 62053-23	Equipement de comptage de l'électricité (c.a.) - Prescriptions particulières Compteurs statiques d'énergie réactive (classes 2 et 3)
CEI 62053-24	Equipement de comptage de l'électricité (c.a.) - Prescriptions particulières Compteurs statiques d'énergie réactive (classes 0,5S, 0,5, 1s, 1)
CEI 62053-31	Equipement de comptage de l'électricité (CA) - Prescriptions particulières, partie 31 : Dispositifs de sortie d'impulsions pour compteurs électromécaniques et électroniques (équivalent à la norme EN 62053-31)
CEI 62053-52	Equipement de comptage de l'électricité (CA) - Prescriptions particulières, Symboles
CEI 62053-61	Equipement de comptage de l'électricité (CA) - Prescriptions particulières, Puissance absorbée et prescriptions de tension
CEI 62054-21	Equipement de comptage de l'électricité (CA) - Tarification et contrôle de charge, partie 21 : Prescriptions particulières pour horloges de tarification (équivalent à la norme EN62054-21)
CEI 62056-21	Equipements de mesure de l'énergie électrique – Echange des données pour la lecture des compteurs, le contrôle des tarifs et de la charge – Echange des données directes en local (remplace la norme CEI61107)
CEI 62056-42	Equipements de mesure de l'énergie électrique – Echange des données pour la lecture des compteurs, le contrôle des tarifs et de la charge –, partie 42 : Services et procédures de la couche physique pour l'échange de données à l'aide de connexion asynchrone
CEI 62056-46	Equipements de mesure de l'énergie électrique – Echange des données pour la lecture des compteurs, le contrôle des tarifs et de la charge : partie 46 : Couche liaison utilisant le protocole HDLC
CEI 62056-47	Equipements de mesure de l'énergie électrique – Echange des données pour la lecture des compteurs, le contrôle des tarifs et de la charge : partie 47 : Couches de transport COSEM pour réseaux IPv4
CEI 62056-53	Equipements de mesure de l'énergie électrique – Echange des données pour la lecture des compteurs, le contrôle des tarifs et de la charge : partie 53 : Couche application COSEM
CEI 62056-61	Equipements de mesure de l'énergie électrique – Echange des données pour la lecture des compteurs, le contrôle des tarifs et de la charge : partie 61 : Système d'identification d'objets (OBIS)
CEI 62056-62	Equipements de mesure de l'énergie électrique – Echange des données pour la lecture des compteurs, le contrôle des tarifs et de la charge : partie 62 : Classes d'interface
Directive 2044/22/CE	Directive européenne sur les instruments de mesure

Numéro	Désignation
CEI 60529	Degrés de protection procurés par les enveloppes (Codes IP)
CEI 61000-4-11	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Techniques d'essai et de mesure - Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension

Les caractéristiques principales des compteurs sont les suivantes :

Description	Unité	Valeur
Type		Compteur numérique monophasé/ triphasé
Mesures		
Mesure 4 fils 4 Quadrants P+, P- ; (Q+ et Q- en P+) ; ; (Q+ et Q- en P-)		
Classe de précision Cf Tableau 8.		
• Energie active		1 ou 0,5 ou 0,2
• Energie réactive		2
Courant (Ib)		
TC conventionnel 60044-1	A	5
• Puissance consommée par phase	VA	< 1
• Courant de démarrage (% du courant de base)		< 0,1 Ib
Tore de Rogowski		Circuit spécifiques
Tensions et plage admissible :		
• Raccordement direct du circuit tension	V	3x230/400 V (-20%, +20%)
• Raccordement sur transformateur tension	V	3x57,7V/100V (-20%, +20%)
• Puissance consommée par phase	VA	< 5
Fréquence nominale et plage de variation	Hz	50 ± 2,5
Horloge interne		
• Précision (domaine nominal de fonctionnement en température)	Ppm	± 5
• Réserve de marche (par batterie remplaçable compteur en fonctionnement)	Année	> 5
• Synchronisable par entrée externe		Entrée de synchronisation



Description	Unité	Valeur
• Période d'intégration programmable	Mn	1,5,10, 15, 30,60
<b>Registres</b>		
• Tarif		≥ 16
• Profil de charge		≥ 16
<b>Communication</b>		
• Port optique infrarouge	Selon CEI 62056 parties 21/42/46/53/61/62	
• Port série RS232 ou RS 485	CEI 62056-42/46/53/61/62.	
• Port séparé client et distributeur	Port distributeur protocole COSEM	
• Alimentation du modem par le compteur		
<b>Conditions d'environnement</b>		
Températures :		
• Domaine nominal de fonctionnement	°C	-25 à +55
• Limite de fonctionnement	°C	-40 à +70
• Stockage	°C	-40 à +80
Humidité relative de l'air		
Plage de fonctionnement	%	≤ 75
Valeur maximale	%	95
Tensions d'isolement :		
• Tension de tenue à fréquence industrielle 50 Hz, 1 min	kV	4
• Tension de tenue aux ondes de choc (1,2/50µs)	kV crête	8
Immunité champs magnétique CA	mT (Tesla)	0,5
Indice de protection		
Indice de protection du compteur		≥ IP 51
<b>Bornier de raccordement</b>		
Capacités des bornes I et U	De 2,5 à 6 mm <sup>2</sup> conducteur cuivre	
Bornes auxiliaires	De 1,5 à 2,5 mm <sup>2</sup> conducteur cuivre	
Disposition du bornier	USE symétrique : I <sub>e1</sub> U1, I <sub>e2</sub> , U2, I <sub>e3</sub> , U3, N, I <sub>e3</sub> , I <sub>s2</sub> , I <sub>s1</sub>	
<b>Protection contre la fraude</b>		
Scellés sur cache bornes et capot	Oui	
Détection d'ouverture du cache borne et du capot	Tension présente ou absente	

Description	Unité	Valeur
Détection de champ magnétique	Oui	Active indicateur fraude

### 9.2.1. Accès aux données du Comptage

Le compteur est télé-relevables via le protocole de communication COSEM Cf. CEI 62056-42/46/53/61/62. Il doit disposer de deux ports série de communication RS232 ou RS 485

- Le Gestionnaire de Réseau disposera d'un accès numérique, via une liaison de communication au port gestionnaire du réseau du compteur permettant la lecture et la programmation du compteur.
- Le producteur disposera d'un accès numérique, via une liaison de communication au port client du compteur permettant la lecture du compteur.

Le compteur électronique de référence est fourni et entretenu par le Gestionnaire de Réseau. Les réducteurs de mesures mesure : transformateurs de courant et de tension font parties de l'installation du producteur et sont fournis et entretenus par le Producteur. Leurs caractéristiques sont mentionnées dans le cahier des charges du Comptage

### 9.2.1. Caractéristiques des réducteurs de mesure

#### Transformateur de courant pour un raccordement en MT ou HT

Ces appareils seront conformes à la CEI 60044-1

**Le Courant primaire**  $I_{nTC}$  doit correspondre au minimum à la puissance maximale apparente max livrée au réseau à mesurer du point de comptage. Il sera choisi parmi les rapports figurant dans la CEI 60044-1 de façon à respecter la formule suivante :

$$0,2 \times I_{nTC} < \frac{P_{apparente\ max}}{\cos \phi \times U_n \times \sqrt{3}} < I_{nTC}$$

L'enroulement de classe mesure sera exclusivement réservé à l'alimentation du dispositif de comptage à installer, cet enroulement aura les principales caractéristiques suivantes :

**Le Courant secondaire** correspond aux caractéristiques des circuits courant du compteur : 5 A

**La Classe de précision** : 0,2S ou 0,5S (selon le domaine de tension de raccordement)

Le choix d'une classe de type S a pour objet d'étendre la plage de précision et ainsi de permettre de conserver une précision acceptable pour la mesure des énergies soutirées lorsque l'installation de production est à l'arrêt.

**La puissance de précision** est essentiellement dépendante de la consommation des circuits de raccordement (éloignement entre TC et compteur) car la puissance consommée sur les entrées intensité d'un compteur est < 1 VA. La puissance de précision des transformateurs de courant est normalement choisie de



façon à ce que l'ensemble des charges des dispositifs de comptage et des circuits de raccordement entre compteurs et transformateurs de courant, soit compris entre 25 % et 100 % de la puissance de précision. Une puissance de précision de TC de 7,5 VA répond généralement à cette condition dès lors que le compteur est assez proche des TC.

Dans le cas où la protection nécessiterait l'accès à un circuit secondaire de courant, celui-ci pourra être présent sur le même réducteur de courant que celui du comptage mais doit être séparé du circuit secondaire utilisé pour le comptage. Cet enroulement supplémentaire est de classe « protection » et distinct de l'enroulement secondaire de classe « mesure » réservé au comptage de l'énergie.

### **Transformateur de tension pour un raccordement en MT ou HT**

**Le rapport** de transformation sera pour chacun des trois transformateurs de tension de  $U_n / \sqrt{3} / 100V / \sqrt{3}$  avec :

- Une tension nominale au point de comptage
- $100V / \sqrt{3}$  correspond aux caractéristiques des circuits tension du compteur

**Classe de précision** : l'enroulement mesure de classe 0,5 ou 0,2 (selon le domaine de tension de raccordement) sera exclusivement réservé aux circuits de comptage.

**La puissance de précision** de chaque enroulement doit être évaluée en prenant en compte la consommation de la filerie et des différents appareils raccordés.

Les Installations de Production nécessitent souvent la mise à disposition de la référence de tension coté réseau : protection, synchro coupleur, mesure... La mise à disposition de la tension pour ces usages utilisera un enroulement distinct qui peut être issu du même transformateur de tension sous réserve de vérifier les puissances consommées.

#### *9.2.2. Conformité des réducteurs de mesures*

Le Producteur doit fournir au Gestionnaire de Réseau un procès-verbal d'essais datant de moins de 12 mois pour chaque réducteur de mesure TT et TC.

L'acquisition de ce document ne se substitue pas à un contrôle éventuel de toute la chaîne de comptage, (transformateurs de mesure compris) réalisé par le gestionnaire de réseau à sa propre initiative ou par une entité indépendante homologuée par le Ministère en charge de l'énergie lors de la mise en service ou ultérieurement.

#### *9.2.1. Circuits de mesure*

Les circuits de mesure courant et tension doivent être conçus de façon à être inviolables : utilisation de câble sous écran, absence de borniers accessibles sans violation de scellés



- Les circuits tension seront protégés par des coupes circuit et seront dotés de boîtes d'essai tension de type ESSAILEC permettant différentes fonctions : mise hors tension du comptage, mesures de tension, raccordement de compteur étalon
- Les circuits courants ne doivent comporter aucun dispositif de coupure et seront dotés de boîtes d'essai courant de type ESSAILEC permettant différentes fonctions : mise en court-circuit du circuit courant, mesures de courant, raccordement de compteur étalon

Les sections des conducteurs des circuits tension et courant sont déterminés en fonction de leur longueur afin de limiter la consommation de ces circuits et de respecter la puissance de précision des réducteurs de mesure. La section de ces circuits ne peut être inférieure à 2,5 mm<sup>2</sup> cuivre.

Tout bornier de raccordement : réducteur de mesure, coupe-circuit, boîte d'essai, bornier intermédiaire, bornier compteur, boîte d'essai doivent être munis de scellés du Gestionnaire de Réseau.

Puissance de raccordement Pmax	Niveau de tension de raccordement des réducteurs de comptage	Erreur totale maximale autorisée (% à pleine charge)		Classe de précision minimale reprise des composants du système de comptage			
		Actif (cosφ=1)	Actif (cosφ=0)	TT	TC	Compteur	
						Actif	Réactif
≥ 5 MVA	HT	0,6	2,4	0,2	0,2S	0,2	2
≥ 1 MVA < 5 MVA	HT - MT	0,9	2,4	0,2	0,2S	0,5	2
≥ 250 kVA MVA < 1 MVA	HT - MT	1,7	2,7	0,2	0,5S	1	2
≥ 150 kVA < 250 kVA	MT	2	3	0,5	0,5S	1	2
<150 kVA	BT - MT	2	3	0,5	0,5S	1	2

Tableau 8 : Récapitulation des classes de précision des appareils de comptage

## 10. ANNEXES 2 DISPOSITIF CONTRACTUEL DEROULEMENT DU RACCORDEMENT

### 10.1. Dispositif contractuel

Afin de diminuer le nombre de document et d'éviter les redites entre différents documents, il est proposé de ne retenir que deux documents :

- Un document : la **Convention de Raccordement**, traitant des relations du Producteur avec le Gestionnaire de réseau pour tout ce qui relève du raccordement, de l'exploitation du réseau et de la sûreté du système électrique : la Convention de raccordement
- Un document : le **Contrat d'Achat** traitant de l'achat de l'énergie. Ce document regroupe également toutes les relations financières.

La **Convention de Raccordement** regroupe deux documents :

- Une partie Convention de Raccordement ayant pour objet de préciser l'ensemble des modalités techniques et financières relatives à la conception de l'Installation et à son raccordement au réseau. A la convention de raccordement sont annexés les différents cahiers des charges (du système de protection, du système de comptage, du système d'échange d'information d'exploitation). La partie raccordement de la Convention de Raccordement prend fin une fois l'installation raccordée et mis en service après que ses performances et sa conformité ont été contrôlées.
- Une annexe Convention d'Exploitation traitent des relations opérationnelles entre le Gestionnaire du Réseau et le Producteur après Mise en service Industrielle de l'Installation. Les Conventions d'Exploitation annexées à la Convention de Raccordement vivent tant que l'Installation est en service. Une première version de la Convention d'Exploitation annexée à la convention de Raccordement est rédigée au moment de l'élaboration et de la signature de la Convention de raccordement.

### 10.2. Déroulement du raccordement

Le déroulement du raccordement est initié par une demande de raccordement formulée par le Producteur. Cette demande doit comporter :

- Un document administratif regroupant l'ensemble des informations administratives : identification du producteur et de son éventuel mandataire
- Un document technique regroupant l'ensemble des informations nécessaires à l'étude du raccordement : localisation de l'Installation et de son point de livraison, caractéristiques techniques de l'installation.

