Code de Réseau de Distribution d'Energie Electrique à Madagascar

Règlements Techniques de Planification, de Raccordement et d'Exploitation

Version Préliminaire

Mars 2020

Table des matières

LISTE DES FIGURES IV

LISTE DES TABLEAUX V

ACRONYMES VI

GLOSSAIRE 1

I. CODE DE PLANIFICATION 15

I.1 OBJET 15

I.2 DOMAINE D'APPLICATION 15

I.3 TEXTES LÉGISLATIFS, RÉGLEMENTAIRES 15

I.4 PROCEDURES DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15

I.4.1 Planification de la demande 15

I.4.2 Plan de Développement du réseau de distribution 16

I.5 PROCESSUS DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION 17

I.5.1 Responsabilité 17

I.5.2 Processus de planification 18

I.6 ETUDES DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION 18

I.6.1 Fonctionnement en régime statique 19

I.6.2 Courants de court-circuit 19

I.6.3 Etudes de stabilité transitoire 19

I.7 CRITÈRES DE PLANIFICATION 19

I.7.1 Situation de fonctionnement normal 20

I.7.2 Situation de fonctionnement dégradé 20

I.8 DONNEES DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION 20

I.8.1 Données standard de planification du réseau de distribution 20

I.8.2 Données détaillées du réseau de distribution 20

II. CODE DE RACCORDEMENT 21

II.1 OBJET 21

II.2 DOMAINE D'APPLICATION 21

II.3 TEXTES LEGISLATIFS, REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS 21

II.4 PROCEDURES DE RACCORDEMENT 22
II.4.1 Etudes à réaliser 22
II.4.2 Etendue des études 23
II.4.3 Processus de raccordement. 26
II.5 EXIGENCES CONSTRUCTIVES DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION POUR LE RACCORDEMENT AU RESEAU MT NON-ISOLE 26
II.5.1 Plages de fonctionnement en fréquence et en tension 26
II.5.2 Exigences constructives en cas de fonctionnement normal 27
II.5.3 Exigences constructives en cas de fonctionnement dégradé 30
II.5.4 Exigences relatives aux systèmes de comptage et des dispositifs de mesure 34
II.5.5 Exigences vis-à-vis du système de télé-information 34
II.5.6 Exigences relatives aux systèmes de protection 35
II.5.7 Ilotage 36
II.5.8 Qualité d'onde 36
II.6 EXIGENCES CONSTRUCTIVES DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION POUR LE RACCORDEMENT AU RESEAU MT ISOLE 37
II.6.1 Plages de fonctionnement en fréquence 37
II.6.2 Plages de fonctionnement en tension 37
II.6.3 Exigences constructives en cas de fonctionnement normal 37
II.6.4 Exigences en cas de fonctionnement dégradé 40
II.6.5 Exigences relatives aux systèmes de comptage et des dispositifs de mesure 41
II.6.6 Exigences vis-à-vis du système de télé-information 41
II.6.7 Exigences relatives aux systèmes de protection 41
II.6.8 Ilotage 41
II.6.9 Qualité d'onde 42
II.7 EXIGENCES CONSTRUCTIVES AUX INSTALLATIONS RACCORDEES SUR LE RESEAU BASSE TENSION 42
II.7.1 Plages de fonctionnement en fréquence et en tension 42
II.7.2 Exigences relatives à la fourniture de la puissance réactive 42
II.7.3 Tenue au creux de tension 42
II.7.4 Exigences vis-à-vis du système de télé-information 44
II.7.5 Exigences relatives aux systèmes de protection et de découplage 44
II.7.6 Exigences relatives au système de comptage 44
II.7.7 Qualité d'onde 45
II.8 MODIFICATION DE L'INSTALLATION 45
II.9 DEMONSTRATION DE LA CONFORMITE AUX EXIGENCES TECHNIQUES DE RACCORDEMENT 45
II.10 PROCESSUS DE CONFORMITÉ 45

II.10.1 Cas des installations de production à raccorder sur le réseau MT 45
II.10.2 Cas des installations de production à raccorder sur le réseau basse tension 47
II.11 MISE EN SERVICE 47
II.12 EXIGENCES TECHNIQUES POUR LES INSTALLATIONS DES CONSOMMATEURS 48
II.12.1 Marges admissibles de fonctionnement du réseau de distribution au point de raccordement du consommateur 48

III. CODE D'EXPLOITATION 50

III.1 OBJET 50
III.2 CHAMP D'APPLICATION 50
III.3 PROCÉDURES D'EXPLOITATION 50
III.4 CONDUITE DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION 50
III.5 PROGRAMME DE MAINTENANCE 51
III.5.1 Programme prévisionnel de maintenance 51
III.5.2 Arrêts non programmés 51
III.5.3 Arrêts d'urgence 51
III.6 RÔLE DES UTILISATEURS 51
III.6.1 Rôle du gestionnaire de réseau de distribution 51
III.6.2 Rôle des installations de production 52
III.6.3 Rôle des installations des consommateurs 52

ANNEXES I

ANNEXE 1. DONNÉES STANDARD DE PLANIFICATION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION I
ANNEXE 2. DONNÉES DÉTAILLÉES DE PLANIFICATION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION III
ANNEXE 3. DONNÉES DES ÉTUDES DE RACCORDEMENT VII

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.- PROCESSUS DE PLANIFICATION DE LA DEMANDE 16

FIGURE 2 .- PROCESSUS DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION 17

FIGURE 3 .- PROCESSUS DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION 18

FIGURE 4 .- EXIGENCES EN CAPACITE REACTIVE DES INSTALLATIONS SYNCHRONES RACCORDEES SUR LES RESEAUX MT NON-ISOLES (TENSION A 1 PER UNIT AU POINT DE RACCORDEMENT) 28

FIGURE 5 .- REGLAGE DE FREQUENCE EN CAS DE SURFREQUENCES 30

FIGURE 6 .- PROFIL DE TENUE AUX CREUX DE TENSION/SURTENSION D'UNE INSTALLATION DE PRODUCTION A RACCORDER SUR UN RESEAU MT NON-ISOLE 31

FIGURE 7.- INJECTION DE COURANT REACTIF EN FONCTION DE LA VARIATION DE TENSION EN CAS DE CREUX DE TENSION OU HAUSSE DE TENSION- INSTALLATIONS NON SYNCHRONES 34

FIGURE 8 .- REPONSE DE REGLAGE PRIMAIRE 40

FIGURE 9 .- PROFIL DE TENUE AUX CREUX DE TENSION/SURTENSION D'UNE INSTALLATION DE PRODUCTION A RACCORDER SUR UN RESEAU BASSE TENSION 43

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 DOMAINE DE TENSION DE RACCORDEMENT 24

TABLEAU 2 PLAGES DE FONCTIONNEMENT NORMAL ET EXCEPTIONNEL EN FREQUENCES 26

TABLEAU 3 PLAGES DE VARIATION EN TENSION (EN P.U) 27

TABLEAU 4 TENSIONS ET TEMPORISATIONS DURANT LESQUELLES LES INSTALLATIONS SYNCHRONES DOIVENT DEMEURER EN SERVICE 32

TABLEAU 5 TENSIONS ET TEMPORISATIONS DURANT LESQUELLES LES INSTALLATIONS NON-SYNCHRONES DOIVENT DEMEURER EN SERVICE 32

TABLEAU 6 TENSIONS ET TEMPORISATIONS DURANT LESQUELLES LES INSTALLATIONS SYNCHRONES DOIVENT DEMEURER EN SERVICE 43

TABLEAU 7 VALEURS DE COURANT DE COURT-CIRCUIT MAXIMAL PAR NIVEAU DE TENSION 48

TABLEAU 8 PARAMETRES DES ALTERNATEURS ET CONSTANTES DE TEMPS DU GENERATEUR III

TABLEAU 9 DONNEES DE TRANSFORMATEURS DES GROUPES IV

TABLEAU 10 DONNEES DES CENTRALES SOLAIRES V

TABLEAU 11 DONNEES DES CENTRALES EOLIENNES VI

ACRONYMES

ADER		Agence de Développement de l'Electrification Rurale
BT		Basse Tension
CEI	:	Commission Electrotechnique Internationale International Electrotechnical Commission
HVRT	:	High Voltage Ride Through
LVRT	:	Low Voltage Ride Through
Pmax		Puissance maximale d'une installation de production
MT	:	Haute Tension type A
MT	:	Moyenne Tension
P. U	:	Per unit
TC	:	Transformateur de courant
THT	:	Très Haute Tension
TT	:	Transformateur de Tension

GLOSSAIRE

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

A-coup de tension	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. Les à-coups de tension ont pour origine des appels soudains de puissance active ou réactive tels que l’enclenchement de transformateur, le démarrage de moteur…. Les à-coups de tension sont mesurés selon la méthode utilisée pour les fluctuations rapide de tension
Autoproducteur	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.
Autoproduction	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.
Autorité de Régulation de l’Electricité (ARELEC)	Anciennement dénommée Office de Régulation de l’Electricité (ORE), désigne l’organisme régulateur créé par les dispositions du Titre IV de la Loi n°98-032. Ses statuts et ses attributions sont mis à jour à travers la présente loi.
Basse tension (BT)	Niveau de tension inférieur à 1000 Volts. A Madagascar, il s’agit des niveaux de tension 220V et 380 V.
Cahier des charges des échanges d’informations	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.
Cahier des charges fonctionnel du comptage	Document remis par le Gestionnaire de Réseau à l'utilisateur définissant les règles de conception du dispositif de comptage : caractéristiques des réducteurs de mesure, grandeur mesurée, accès aux données du comptage.
Cahier des charges fonctionnel du système de protection	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 HT.

	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.
Compteur	Equipement de comptage installé chez un consommateur final, en ce compris l'équipement de télé relevé éventuel, en vue de mesurer l'énergie prélevée ou injectée et, le cas échéant, la puissance active et la puissance réactive, pendant une unité de temps déterminée par voie réglementaire.
Consignation et Déconsignation :	Ensemble d'opérations nécessaires pour effectuer des travaux ou des interventions hors tension sur un ouvrage électrique en exploitation.
Convention d'Exploitation annexée à la Convention de Raccordement	Document contractuel liant l'utilisateur et le Gestionnaire de Réseau. La Convention d'exploitation précise en particulier les règles nécessaires pour permettre : • L'injection sur le réseau de transport exploité par le Gestionnaire de Réseau, de l'énergie électrique produite par le Producteur sur le Site désigné aux Conditions Particulières, • Le soutirage de l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement des auxiliaires de l'Installation de Production. • Des Dispositifs de Comptage, de surveillance, du Dispositif d'Echange d'Information d'Exploitation • L'exploitation de l'installation de l'utilisateur en cohérence avec les règles d'exploitation du réseau HT ; notamment lors d'apparition de situations perturbées La Convention d'Exploitation est une annexe de la Convention de raccordement
Convention de raccordement	Document contractuel liant l'utilisateur et le Gestionnaire de Réseau. La Convention de raccordement précise 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 de transport.
Convention de raccordement et d'exploitation	Document contractuel liant l'utilisateur et le Gestionnaire de Réseau. La Convention de raccordement précise avant la 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 de Distribution La signature de la Convention de raccordement par les deux parties permet d'engager la réalisation des ouvrages de Raccordement au Réseau et l'Installation de Production.

	Une fois des ouvrages réalisés et les performances de l'Installation de production vérifiées, la Convention de raccordement est complétée : • Du rapport de vérification des performances de l'Installation de Production ; • D'une annexe relative à l'exploitation de l'Installation de Production ; • Le cas échéant après contrôle et essai, d'une correction des performances de l'installation ; Cette évolution de la Convention de Raccordement et l'ajout d'annexe donnent lieu à un avenant signé par les deux parties
Cos Phi	Pour un alternateur, c'est le rapport entre la puissance active P et la puissance apparente S..
Couplage	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.
Coupure	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 Uc pendant une durée supérieure ou égale à 1 seconde.
Creux de Tension	Diminution brusque de la tension de mise à disposition (Uf) à une valeur située entre 90% et 10% de la Tension Contractuelle (Uc), suivie du rétablissement de la tension après un court laps de temps. Un Creux de Tension peut durer de dix millisecondes à trois minutes.
Déclencher (déclenchement)	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.
Découplage	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.
Défaut d'isolement	Situation provoquée par un aléa, d'origine électrique ou non, qui génère, quelque part sur le réseau ou dans les installations raccordées, une défectuosité 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, surtensions et baisses de tension affectent le réseau et ses utilisateurs.
Déséquilibre de tension	Situation où les trois tensions du système triphasé ne sont pas égales en amplitudes et/ou ne sont pas déphasées de 120° 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).
Diagramme [P,U, Q]	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.
Dispatching	Entité assurant la coordination du système de Production et de Transport dans un système d'énergie électrique afin d'assurer la continuité du service, la sécurité, la fiabilité électrique et la desserte au moindre coût de la demande. Le Dispatching est l'interlocuteur du producteur via le dispositif d'échange des Informations d'Exploitation (DEIE) et via d'autres moyens convenus en cas de défaillance de ce dernier.
Dispositif d'Echange d'Information d'Exploitation	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.
Dispositif de surveillance	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.
Domaine exceptionnel d'alimentation	Domaine résultant des situations exceptionnelles 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. Les plages du Domaine exceptionnel d'alimentation sont mentionnées au Tableau 2 et Tableau 3.

Domaine Normal d'Alimentation	Domaine correspondant au fonctionnement normal du réseau durant lequel, la tension et la fréquence restent dans les plages illimitées mentionnées au Tableau 2 et Tableau 3.
Ecroulement de Tension	Situation du réseau caractérisée par une baisse excessive, non maîtrisée de la tension.
Energies Renouvelables	Sont considérées comme des énergies renouvelables, les énergies suivantes : • Énergie solaire thermique et énergie solaire photovoltaïque • Énergie éolienne • Énergie hydroélectrique • Énergie générée à partir de la biomasse • Énergie géothermique • Énergie d'origine marine • Énergie générée à partir de déchets.
Etude de conformité	Etude réalisée par le producteur afin de démontrer la conformité de son installation aux exigences techniques de raccordement
Etude de raccordement	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 : • La localisation de l'Installation du Demandeur • Les caractéristiques de l'Installation du Demandeur • Les caractéristiques du Réseau auquel sera raccordée l'Installation • Des règles définissant les différentes études à effectuer.
Exploitant	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.
Fonctionnement en ilotage	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
Fourniture	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 Autoproducteur, à un consommateur final.

Fréquence (f)	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 malgache est 50 Hz.
Gestionnaire de Réseau de Distribution (GRD)	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 consommateur final.
Gestionnaire de réseau de Transport (GRT)	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.
Grid code :	Désigne le code technique comprenant des prescriptions et des règles relatives au raccordement, l'accès et la gestion d'électricité visé à l'article 62 de la loi 2017-020.
Harmoniques	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.
Haute Tension (HT)	Le niveau de tension supérieur à 50 000 Volts. Les niveaux de tension du réseau de transport à Madagascar sont les niveaux 63 kV, 90 kV, 138 kV et 220 kV.
Injection	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 ou de Transport qui en assure physiquement l'évacuation. Par convention, un signe négatif est associé aux grandeurs injectées.
Insensibilité du Réglage de Fréquence/Bande morte	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. 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.
Installation de consommation	Unité ou ensemble d'unités de consommation de l'électricité installées sur un même site, exploitées par le même Exploitant et bénéficiant d'une Convention de raccordement unique. La limite entre l'installation de consommation et le Réseau public est matérialisée par le Point de Livraison
Installation de Production	Equipements 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'une Convention de Raccordement unique. La limite entre l'installation de production et le réseau de transport est matérialisée par le Point de Livraison. *Nota* : Les équipements constitutifs d'une installation de production peuvent différer en fonction de la nature de son énergie primaire (thermique, hydraulique, éolienne, marémotrice …).
Installations électriques (ou Installations)	Désigne : les Installations de Production, d'Autoproduction, des consommateurs, 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.
Interface de Communication	Dispositif pour communiquer par télé relevé, via un réseau de communication, les données mémorisées par les différents appareils installés dans le poste de livraison tels que : compteurs, enregistreur de perturbation, dispositif d'échange d'informations d'exploitation…….
Ligne(s) d'Evacuation	Désigne les ouvrages réalisés en aérien ou en souterrain entre le Point de Livraison et le Point de raccordement destinés à évacuer l'énergie de l'Installation de Production. La ligne d'évacuation fait partie du Réseau de Transport et est exploitée par le Gestionnaire du Réseau de Transport.
Limite d'Exploitation	Désigne la limite physique entre les ouvrages du Réseau Public de Transport exploités par le Gestionnaire de Réseau et la Centrale de Production exploitée par le Producteur.
Limite de Propriété	Désigne le point de séparation entre le Réseau et les ouvrages propriété du Producteur. Elle est précisée dans les conditions particulières des Conventions. Généralement la limite de propriété se situe au point de livraison.

Modification substantielle	On appelle modification substantielle toute modification qui a pour effet de majorer de 10 % ou plus, la puissance Pmax, 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
Moyenne tension MT	Désigne un niveau de tension compris entre 1000 et 50 000 Volts. Les niveaux de tension du réseau de distribution à Madagascar sont les niveaux 5 kV, 5.5kV, 15kV, 20kV, 30kV, 35kV.
Papillotement ou fluctuation rapide de tension	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 : • Des charges fluctuantes (à cadence fixe (machines à souder par points par exemple, grosses photocopieuses ou erratique (cas des fours à arc) …. • Des installations de production fluctuante : éolienne…
Plan de reconstitution du réseau	Ensemble de manœuvres et étapes entreprises pour rétablir le fonctionnement du réseau après un blackout total ou partiel
Planification	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
Point de Comptage	Point physique où sont placés les transformateurs de mesures destinés au comptage de l'énergie.
Point de Livraison (Pdl)	Point physique où l'énergie électrique est injectée ou soutirée du Réseau. Le Point de Livraison est précisé dans les Conditions Particulières de la Convention de Raccordement. 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
Point de Raccordement	Point physique du réseau électrique existant auquel est raccordée l'installation de production via la(es) Ligne(s) d'Evacuation
Producteur	Désigne toute personne physique ou morale qui produit de l'électricité, y compris tout Autoproducteur et qui à ce titre est titulaire des contrats et Convention 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
Production	Désigne l'ensemble des opérations permettant la transformation de toute source d'énergie primaire en électricité.
Programme de Disponibilité	Programme horaire des disponibilités en puissance communiquées par le producteur.
Programme de Marche	Programme de production établi par point horaire élaboré par le centre de conduite du Gestionnaire de Réseau et communiqué au producteur pour application.
Protection de Découplage	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.
Protection Générale	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.
Puissance Active	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 I
Puissance Apparente	Produit du courant par la tension et par un facteur dépendant du nombre des phases. La puissance apparente prend en compte les puissances active 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

Puissance de pointe d'un réseau	Désigne le maximum de la somme des puissances actives fournies par les installations de production et de celles injectées au système électrique par les lignes d'interconnexions.
Puissance de raccordement en injection	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 Gestionnaire du Réseau de Transport tient cette puissance à disposition en Régime Normal du Réseau.
Puissance de raccordement en soutirage	Puissance demandée par le producteur pour le soutirage en l'absence de production. Cette puissance est celle qui est retenue pour mener l'Etude de Raccordement. Le Gestionnaire du Réseau de Transport tient cette puissance à disposition en Régime Normal du Réseau.
Puissance de Réserve Tournante ou Réserve Tournante	Réserve de puissance active instantanément disponible selon les conditions mentionnées dans ce document et pouvant être maintenue sur une durée déterminée
Puissance Disponible	Désigne la puissance maximale pouvant être produite par une installation en régime continu déterminée après un test de performance
Puissance exploitable	Désigne la puissance électrique pouvant être produite en régime continu par une installation, dans les conditions normales d'exploitation en fonction de la disponibilité des sources d'énergie pour une période donnée
Puissance installée (Pmax)	Désigne la somme des puissances nominales des unités de Production installées dans la centrale susceptible de fonctionner simultanément. Désigne la puissance installée P max est une valeur contractuelle définissant la puissance active maximale nette susceptible d'être fournie en régime continu par 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, Pmax 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 T_{max}.
Puissance minimale (Pmin)	Ou minimum technique, désigne la puissance minimale admissible par l'installation de Production permettant un fonctionnement stable : P_{mini}
Puissance P0	Désigne la puissance de consigne de l'installation les réserves primaires n'étant pas mobilisées.
Puissance Réactive	Désigne la 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 synchrone, onduleurs…….) Les puissances réactives s'expriment en VAR et ses multiples Le transit de puissance réactive sur un réseau influence directement la tension du réseau électrique.
Qualité de l'Electricité	La qualité de l'électricité se vérifie par le maintien dans les plages contractuelles, réglementaires ou normatives : • Des paramètres caractéristiques des ondes de tension et de courant du réseau électrique, • De la continuité et de la fiabilité de l'alimentation des utilisateurs. Les méthodes de mesure des différents paramètres de la qualité : tension, fréquence, déséquilibre, harmonique, papillotement sont indiquées pour chacun d'entre eux.
Régime de Surcharge d'intensité	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.
Régime Exceptionnel/Situation exceptionnelle	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 : • Domaine Exceptionnel d'Alimentation ; • Indisponibilité d'ouvrages réseau, de réserves……
Régime Normal/Situation normale	Régime de fonctionnementau cours duquel les caractéristiques fondamentales d'un système restent dans des plages, dites normales, ciblées par l'exploitant. Le régime normal pour un réseau électrique est caractérisé par : • Un domaine d'alimentation normal • Les éventuelles liaisons de secours sont disponibles. • Aucun ouvrage n'est en régime de surcharge, • Les critères de sûreté de fonctionnement et de secours sont assurés. Le régime normal du système électrique est caractérisé par : • Un domaine d'alimentation normal et tout point du système • Les réserves de production et de réglage sont disponibles, • Les critères de sûreté de fonctionnement et de secours sont assurés. Selon la règle du N-1 la défaillance d'un ouvrage sur le réseau de transport est incluse dans le Régime Normal

Réseau de distribution isolé	Ensemble d'ouvrages de réseau qui forment un réseau de distribution et qui ne sont pas connectées au réseau national d'électricité.
Réseau de distribution non-isolé	Ensembles d'ouvrages de réseau connectés au réseau national d'électricité.
Réseaux Publics	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.
Réserve primaire	Réglage assuré par les boucles de régulation de vitesse des Unités de production permettant une correction automatique et rapide (en quelques secondes) et décentralisée des écarts entre la production et la consommation
Réserve secondaire	Réglage centralisé situé au centre national de conduite (dispatching) qui permet de ramener la fréquence du système électrique à sa valeur nominale et les flux de puissance à leurs valeurs programmées
Services Systèmes	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)
Soutirage	Le Soutirage correspond au flux d'énergies active et réactive circulant au Point de Livraison du Réseau Public de Distribution ou de Transport vers la Centrale lorsque cette Centrale n'assure pas de production Par convention, un signe positif est associé aux grandeurs soutirées.
Statisme Fréquence Puissance (s)	Pour un groupe de production, le statisme fréquence-puissance *s* 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. La relation est la suivante $s = -\frac{\frac{\Delta f}{f_n}}{\frac{\Delta P}{P_n}}$ 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.

Sureté du réseau	La Sureté d'un système électrique se définit comme : • Assurer le fonctionnement normal du système • Limiter le nombre d'incident et éviter les grands incidents • Limiter les conséquences des grands incidents lorsqu'ils se produisent
Surtension impulsionnelle	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
Système de Comptage	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
Système Electrique	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.
Tension Contractuelle	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 de la Convention de Raccordement.
Tension de Dimensionnement (U dim)	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 HT à 66 kV (réseau 63 kV) ou 144kV (réseau 138 kV).
Tension de prise (U prise)	Tension délivrée à vide par le transformateur d'un groupe de production aux bornes de la prise en service.
Tension Nominale	Tension qui a servi de référence à la conception du réseau et qui est utilisée par la suite pour le désigner. Elle est de 20, 35, 63, 138 kV
Tension ou Voltage	C'est la différence de potentiel électrique entre deux points du réseau électrique. Elle s'exprime en volts (V) et ses multiples.
Transport	Désigne l'ensemble des moyens permettant d'assurer le transit de l'électricité, en très haute tension (THT) ou en haute tension (HT), entre les Installations de Production et des Installations de Distribution ou en vue de la fourniture à des consommateurs en haute tension (HT).

Utilisateur du réseau	Désigne la personne physique ou morale qui produit ou consomme de l'électricité et qui à ce titre est titulaire des Convention 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

I. Code de Planification

I.1 OBJET

L'objet de ce chapitre est de présenter les activités de planification du réseau de distribution :

Ce chapitre présente en particulier :

- La planification à long terme du réseau de distribution, et ce, en vue de satisfaire les besoins des utilisateurs du réseau de distribution d'électricité avec la meilleure qualité de service, aux moindres coûts et dans le respect des règles de sauvegarde de la sécurité et de l'environnement.
- L'opportunité d'éventuelles actualisations des plans en fonction des mises à jour des prévisions de la demande d'électricité, de la localisation d'un site de production ou des demandes des utilisateurs désirant se raccorder au réseau de distribution,
- Les études de planification à moyen terme
- Les études de planification à court terme
- Les données nécessaires que les utilisateurs doivent fournir au planificateur et qui sont nécessaires pour la planification du réseau de distribution.

I.2 DOMAINE D'APPLICATION

Les procédures, règles et critères présentés dans ce chapitre concernent les utilisateurs du réseau de distribution :

- Le responsable de la planification du réseau de distribution
- Le responsable de la planification de la demande sur le réseau de distribution
- Le responsable de la planification du réseau de transport
- Les clients raccordés sur le réseau de distribution
- Les producteurs raccordés sur le réseau de distribution

I.3 TEXTES LÉGISLATIFS, RÉGLEMENTAIRES

Les activités de planification du réseau de distribution sont régies par la Loi n°2017-020 du 10 Avril 2018 portant Code de l'Electricité à Madagascar (la Loi) et ses textes d'application ;

I.4 PROCEDURES DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

I.4.1 Planification de la demande

La planification de la demande d'électricité porte sur la prévision en énergie (en MWh) et en puissance (en MW), et comprend notamment l'évolution de la charge existante et la prévision des futures charges à raccorder sur un réseau de distribution.

Cette activité est réalisée pour le court, le moyen et le long terme. Les résultats issus pour chaque horizon sont utilisés pour l'élaboration du budget, pour la planification du développement du réseau de distribution ainsi que pour les études tarifaires.

- Les études de prévision à court terme : font appel aux techniques d'estimation et d'extrapolation sur la base des données historiques d'évolution de la demande du réseau de distribution et visent à estimer la pointe de la demande sur le court terme (jusqu'à deux ans) ;
- La planification de la demande à moyen terme visent à prévoir la demande sur les 5 années à venir.
- La planification de la demande à long terme se fait sur un horizon de 15 ans. Elle est présentée selon trois scénarios : un scénario de référence et deux scénarios

d'encadrement. Ces scénarios prennent en considération l'évolution socio-économique et la politique énergétique du pays.

En ce qui concerne les prévisions de la puissance, elles sont établies à partir de modèles de courbes de charge types globale et/ou par secteur, qui convertissent les prévisions de l'énergie en puissance pour chaque point horaire de l'année.

Le processus de planification de la demande est donné dans la Figure 1 ci-dessous :

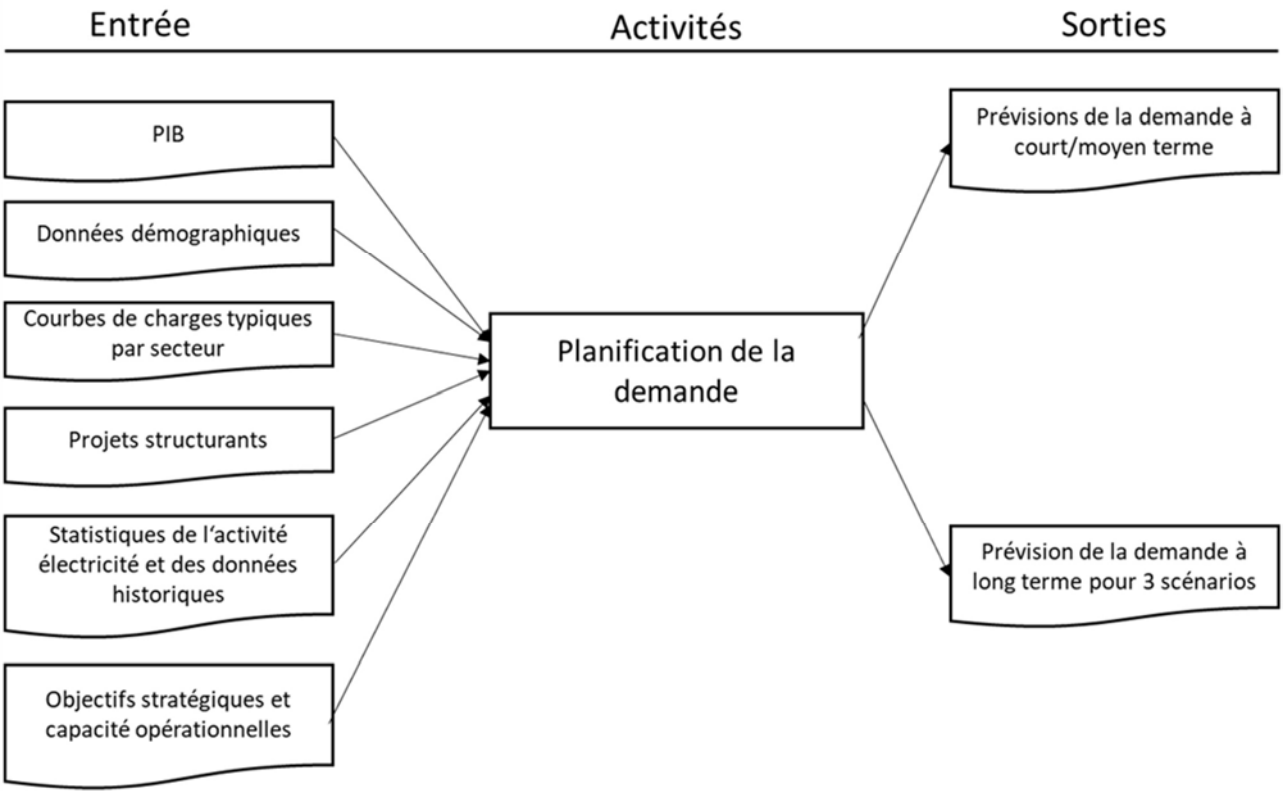

Figure 1.- Processus de planification de la demande

Une fois l'activité de la planification de la demande est achevée, le planificateur s'intéresse à la prévision du développement de la production distribuée. Si les informations sur le développement de la production sur le réseau de distribution ne sont pas disponibles, des scénarii de répartition seront adoptés afin de pouvoir réaliser les plans de développement du réseau.

I.4.2 Plan de Développement du réseau de distribution

Le plan de développement du réseau de distribution est fondé sur trois types d'études couvrant plusieurs échéances ; à savoir : les études à court-terme, à moyen terme et à long terme.

Le processus de planification du réseau de distribution est tel que représenté dans la Figure 2 ci-dessous :

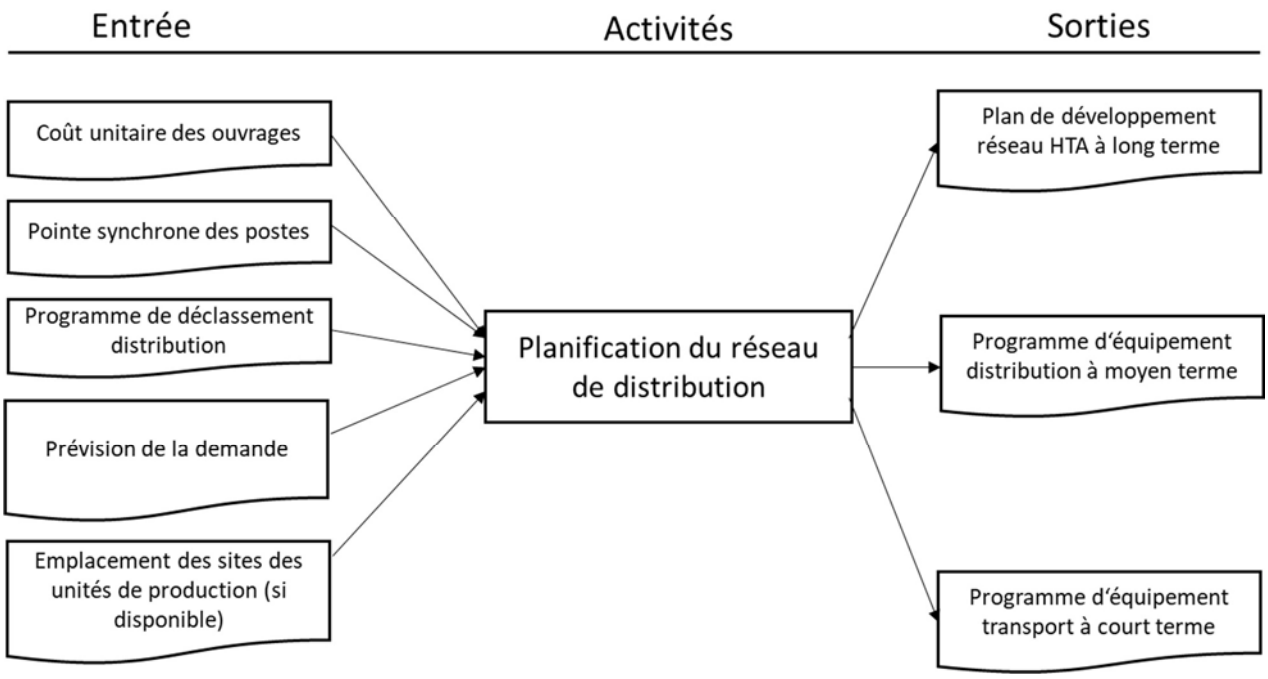

Figure 2 .- Processus de planification du réseau de distribution

I.4.2.1 **Etudes à long terme**

Les études à long terme visent à établir un schéma directeur de développement du réseau MT jusqu'à un horizon cible de 15 ans. Elles ont pour objectif de donner des orientations générales pour les grandes options techniques (introduction d'un nouveau niveau de tension, la création ou le renforcement des artères importants et la création des nouveaux postes sources…). Les résultats des études à long terme sont donnés à titre indicatif sans obligation de concrétisation immédiate mais leur importance émane du fait qu'elles servent à alimenter les études à moyen et à court terme d'une liste de renforcements dont leur intégration à long terme est indiscutable.

I.4.2.2 **Etudes à moyen terme**

Les études à moyen terme sont des études décisionnelles et préparent la liste des équipements en ouvrages de distribution d'électricité (MT et BT) nécessaires pour garantir la sécurité du réseau électrique. Cela revient à déterminer les investissements correspondants aux ouvrages de distribution nécessaires pour répondre à l'évolution de la consommation et en assurant un fonctionnement acceptable du réseau électrique eu égards aux critères de planification en vigueur. Ces études portent sur un horizon de 5 ans.

I.4.2.3 **Etudes à court-terme**

Les études à court terme permettent d'effectuer certains ajustements du réseau de distribution dus aux aléas de la consommation , écarts de prévision de la consommation, raccordement d'un gros consommateur) ou d'une nouvelle installation de production (raccordement d'une nouvelle installation de production de sources à énergies renouvelables etc…).

I.5 PROCESSUS DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

I.5.1 Responsabilité

I.5.1.1 Planification de la demande

Le gestionnaire de réseau et L'ADER assurent l'élaboration de la prévision de la demande.

Les études de prévision de la demande seront soumises dans les délais prescrits au Ministère en charge de l'Énergie pour validation.

I.5.1.2 Planification du réseau de distribution

Le gestionnaire de réseau de distribution est responsable de l'établissement des études de planification du réseau. Dans les délais prescrits, ces études seront soumises (i) pour information et avis à l'ADER puis pour validation au Ministère en charge de l'Energie, dans le cas du réseau non isolé, et (ii) pour validation à l'ADER et au Ministère en charge de l'Energie, dans le cas du réseau isolé.

I.5.2 Processus de planification

Le processus de planification du réseau de distribution est résumé dans la Figure 3 ci-dessous :

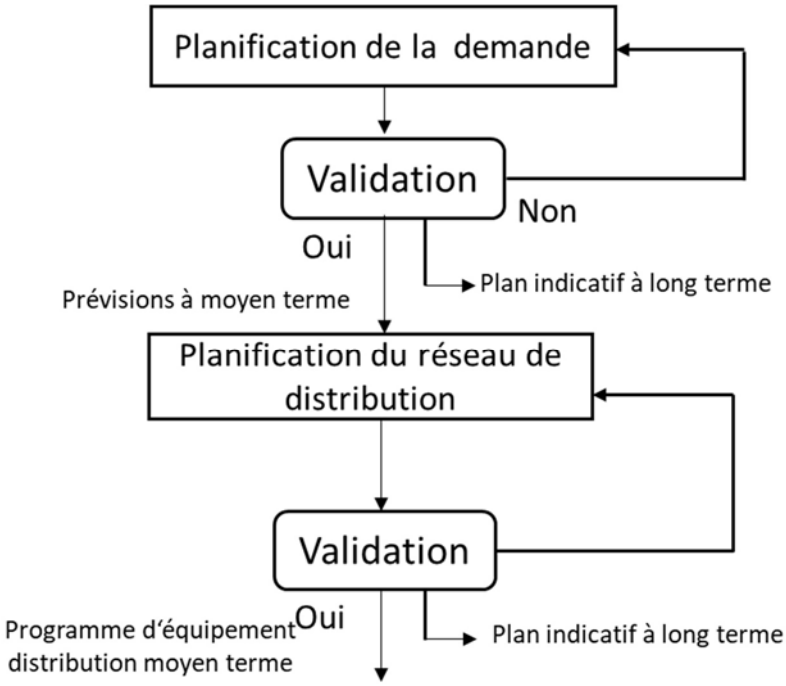

Figure 3 .- Processus de planification du réseau de distribution

I.6 ETUDES DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

Les études à effectuer dans le cadre de la planification du réseau de distribution sont les suivantes :

- Développement du réseau MT à long terme.
- Raccordement des nouveaux groupes de production,
- Connexions au réseau de distribution des nouveaux postes sources,
- Développement du réseau MT à moyen terme,
- Etudes à court terme (raccordement des clients au réseau, ou d'installation de production de type ER),
- Les tous sont à moindre coûts
- Etudes environnementales

Pour atteindre les objectifs, permettant le développement du réseau de distribution en vue de garantir, dans le futur, la continuité et la qualité de fourniture d'électricité au moindre coût, il est nécessaire d'examiner les aspects suivants de fonctionnement du système électrique :

- Le fonctionnement en régime statique,
- Courants de court-circuit,
- Le fonctionnement en régime transitoire.

I.6.1 Fonctionnement en régime statique

Les études traitant du fonctionnement en régime statique du réseau de distribution, consistent à simuler le comportement à l'état permanent du réseau de distribution aux moments les plus critiques (pointe ou creux de la charge) afin d'évaluer la capacité du réseau, ou d'une partie de ce réseau, à assurer le transit de la puissance apparente tout en respectant les critères techniques en vigueur.

Dans le cas où des violations des critères de planification, apparaissent sur les ouvrages de distribution (liaisons électriques ou transformateurs), des solutions et notamment des renforcements sont envisagés. La solution qui est retenue est celle qui est optimale d'un point de vue technico-économique et ne présente pas de problèmes de faisabilité.

Cet aspect est examiné pour le raccordement des nouvelles installations de production, la connexion des nouveaux postes sources, le développement du réseau MT à moyen et à long terme ainsi que pour le raccordement des clients au réseau de distribution.

I.6.2 Courants de court-circuit

Le développement du réseau de distribution par l'ajout de nouvelles installations de production et le maillage de plus en plus important du réseau influe sur ce dernier par l'augmentation des valeurs de courants de court-circuit sur les différentes composantes qui le constituent.

Pour évaluer l'impact de ce développement, et éviter le risque sur les équipements du réseau de distribution d'avoir un courant qui dépasserait le pouvoir de coupure des organes prévus à cet effet ; il est nécessaire de procéder après toute simulation effectuée, à un calcul du courant de court-circuit triphasé et monophasé sur tous les postes de ce réseau au moment de la pointe qui correspond aux conditions les plus sévères auxquelles les équipements du réseau peuvent être exposés.

En cas de dépassement, des mesures spécifiques peuvent être entreprises. Ces mesures varient selon le type de courant (triphasé ou monophasé) ainsi que le statut du poste sur lequel ils apparaissent (poste existant ou programmé).

Des configurations alternatives du réseau de distribution, susceptibles de ramener les courants de court-circuit dans les limites admissibles peuvent être, éventuellement, étudiées. Ces changements de configuration font, alors, l'objet d'un examen en régime statique et ce, afin de s'assurer qu'ils n'induisent pas de problèmes de répartition des charges. Ce type de calcul est effectué surtout pour les études décisionnelles.

I.6.3 Etudes de stabilité transitoire

Les études de stabilité transitoire sont réalisées dans le cas des réseaux isolés et ont pour objectif de vérifier que le réseau électrique reste stable suite à une perturbation importante (perte de groupe ou court-circuit). Leur importance surgit quand un nouveau palier de production est introduit et permettent de déterminer également les temps critiques d'élimination des défauts sur les lignes proches des installations de production.

I.7 CRITÈRES DE PLANIFICATION

En situation de fonctionnement normale, les points d'interconnexion du réseau de distribution sont normalement ouverts. En cas de panne du tracé de desserte normal (fonctionnement dégradé), ces points d'interconnexion permettent au besoin de fournir une source alternative d'électricité à la partie voisine du réseau radial qui

Les critères de planification en situation de fonctionnement normal et en situation de fonctionnement dégradé sont comme suit :

I.7.1 Situation de fonctionnement normal

Dans les conditions normales de fonctionnement du réseau de distribution :

- Le plan de tension doit être maintenu dans les limites de fonctionnement de Un +/- 7%.
- Les transits sur les lignes de distribution de l'électricité et les transformateurs ne doivent pas être supérieurs à 100% de la capacité nominale des lignes et des transformateurs.
- Les valeurs de courants de court-circuit sont en dessous des pouvoirs de coupures des disjoncteurs.

I.7.2 Situation de fonctionnement dégradé

Dans les conditions perturbées de fonctionnement du réseau de distribution :

- Le plan de tension du système Électrique doit être maintenu dans les limites de fonctionnement de Un +/- 10%.
- Les transits sur les lignes de distribution de l'électricité et les transformateurs ne doivent pas dépasser 120% de la capacité nominale des lignes et des transformateurs.
- Les valeurs de courants de court-circuit sont en dessous des pouvoirs de coupures des disjoncteurs.

I.8 DONNEES DE PLANIFICATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

Afin de respecter les obligations d'établir le plan de développement du réseau de distribution, par le gestionnaire du réseau, les utilisateurs du réseau de distribution sont tenus de lui fournir les données de planification nécessaires. Elles sont classées en :

- Données standard de planification du réseau de distribution
- Données détaillées du réseau de distribution

I.8.1 Données standard de planification du réseau de distribution

Ces données servent à effectuer les études de planification du réseau MT à long et à moyen termes. La liste des données standard de planification est détaillée dans l'annexe 1.1.

I.8.2 Données détaillées du réseau de distribution

Ces données servent à effectuer des études détaillées de planification du réseau de distribution notamment les études de raccordement sur le réseau MT et le réseau BT et les études de stabilité transitoire. Ces données sont détaillées dans l'annexe 1.2.

II. Code de raccordement

II.1 OBJET

Ce chapitre établit les exigences techniques de raccordement auxquelles doivent satisfaire les utilisateurs raccordés au Réseau de Distribution.

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

- La sureté des réseaux de distribution ;
- La stabilité des réseaux de distribution et des installations de production qui y sont raccordées ;
- Le maintien de la qualité de service pour les consommateurs raccordés aux réseaux de distribution ;
- 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 à Madagascar, tels que cités en II.II.3

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

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

II.2 DOMAINE D'APPLICATION

Les exigences décrites dans ce document s'appliquent au raccordement de nouvelles installations du réseau de distribution et aux installations existantes déjà raccordées au réseau de distribution faisant l'objet d'une Modification Substantielle.

Elles s'adressent aux différents acteurs susceptibles d'être concernés par ces activités, à savoir les Producteurs, les Gestionnaires de Réseau de Distribution, les Auto-producteurs, ainsi que les consommateurs au sens de la Loi n°2017-020 portant Code de l'Electricité à Madagascar.

Le présent référentiel fixe les dispositions constructives et organisationnelles ainsi que les règles techniques que doivent respecter les installations de production d'énergie électrique en vue de leur raccordement au réseau de distribution.

Les dispositions du présent référentiel s'appliquent aux installations devant faire l'objet d'un premier raccordement au réseau de distribution et dont la convention de raccordement est signée après la parution de ce document. Elles s'appliquent également aux installations qui remplacent une installation existante ou en augmentant la puissance installée d'au moins 10%, y compris au travers d'une ligne directe vers le réseau.

II.3 TEXTES LEGISLATIFS, REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

Les exigences techniques de raccordement des installations des utilisateurs raccordés sur le réseau de distribution sont régies par la réglementation et normes en vigueur régissant le secteur d'électricité, notamment :

- La Loi n°2017-020 du 10 Avril 2018 portant Code de l'Electricité à Madagascar (la Loi) et ses textes d'application ;

- Décret n° 60-294 du 27 Août 1960 portant détermination des conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.
- Décret n° 62-535 du 31 Octobre 1962 portant détermination des conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les installations d'énergie électrique.
- Décret n° 64-013 du 07 Janvier 1964 portant réglementation générale en matière d'opération d'énergie électrique à usage public.
- Décret n° 2001-173 du 28 Février 2001 fixant les conditions et modalités d'application de la Loi n° 98-032 du 20 Janvier 1999 portant réforme du Secteur de l'Electricité.
- Les normes CEI ou normes équivalentes.
- Code de l'environnement

II.4 PROCEDURES DE RACCORDEMENT

II.4.1 Etudes à réaliser

II.4.1.1 Etudes à réaliser par le gestionnaire de réseau : Etudes de raccordement

Le gestionnaire de réseau de distribution est responsable des études de raccordement au réseau de distribution de l'électricité des installations des utilisateurs.

L'étude de raccordement a pour objet de définir la solution la plus économique qui permet de raccorder l'installation de l'utilisateur tout en satisfaisant la sureté du réseau de distribution et son bon fonctionnement ainsi que celui de l'Installation de l'utilisateur.

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

a. La solution de raccordement

La présentation de la solution de raccordement comporte à 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 de distribution existant à la tension de raccordement
- Les éventuelles créations et / ou extensions et renforcements des ouvrages du Réseau de distribution existant

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 l'utilisateur 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 la signature de la convention de raccordement

b. Les exigences constructives

Les exigences constructives regroupent l'ensemble des prescriptions de conception et les performances de l'Installation afin que celle-ci puisse être raccordée sur le réseau de distribution en garantissant à la fois la sûreté du réseau 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 de distribution.

II.4.1.2 Etudes à effectuer par l'utilisateur : Etude de conformité

En vue de démontrer la conformité de son installation aux exigences techniques de raccordement, l'utilisateur est tenu de suivre un processus de conformité (voir section II.10). Ce processus de conformité comprend entre autres une étude de conformité qui inclut notamment les aspects suivants :

- Etude load flow pour démontrer la capacité de l'installation vis-à-vis des exigences de fourniture/absorption de la puissance réactive
- Etude de court-circuit pour évaluer la contribution de l'installation aux courants de court-circuit
- Etude de type LVRT/HVRT
- Etude de la qualité d'onde
- Etude de protection

Cette étude doit être soumise au gestionnaire de réseau pour approbation.

II.4.2 Etendue des études

II.4.2.1 Etude de raccordement

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 définir la ou les liaisons de raccordement de l'Installation au réseau existant ainsi que la structure de ce raccordement
- de définir un planning de réalisation des travaux de 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 l'utilisateur coordonné avec celui du réseau ;
- de vérifier que l'apport de courant de court-circuit n'entraine pas de dépassement de la tenue au court-circuit des éléments constituant le réseau ;
- de vérifier la stabilité du système électrique après le raccordement de l'Installation
- d'évaluer l'impact sur la qualité de l'onde du raccordement de l'Installation de l'utilisateur.
- de définir l'installation de comptage
- de définir le coût de la solution de raccordement

a. Définition du domaine de tension de raccordement

Toute installation dont la puissance installée est inférieure ou égale à 10 MW doit être raccordée sur le réseau de distribution.

Le niveau de tension de raccordement est défini en fonction de la Puissance Installée de l'Installation comme mentionné dans le Tableau 1.

Tableau 1 Domaine de tension de raccordement

Domaine de tension de raccordement	Puissance de raccordement de l'installation de production	Puissance de raccordement en soutirage de l'Installation de consommation
Un=35 kV	De 5 MW jusqu'à 10 MW	De 36 kVA jusqu'à 1 MW
Un=20 kV	A partir de 1 MW et jusqu'á 5 MW	De 36 kVA jusqu'à 1 MW
Un=400 V	de 13 kVA Jusqu'à 1 MW	De 13 kVA Jusqu'à 36 kVA
Un=230 V	13 kVA	13 kVA

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

b. Détermination du point de raccordement de l'installation et de la solution de raccordement au réseau

(i) 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 au réseau existant ainsi que les adaptations nécessaires de ce réseau. L'utilisateur, 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.

Le Gestionnaire de réseau vérifie que l'insertion de la nouvelle installation n'affecte pas la sécurité et la sûreté de fonctionnement du réseau de distribution sur les points suivants :

- Le respect des intensités admissibles dans les ouvrages du réseau en régime permanent et lors des régimes de surcharge temporaire admissibles en cas d'indisponibilité d'éléments du réseau
- La tenue de la tension sur le réseau de distribution dans les plages normales lors de la mise en service ou de déclenchement de l'installation ainsi que lors de ses variations de charge.
- Le maintien de la continuité du service dans les conditions normales de fréquence et de tension.
- Le respect en cas de défauts, des pouvoirs de coupure des disjoncteurs
- Le respect des performances d'élimination de défauts.
- Le maintien de la stabilité et la maîtrise des phénomènes dangereux pour la sûreté du système électrique tels que des déclenchements en cascade, des écroulements de tension et les ruptures de synchronisme.

(ii) Détermination du schéma de raccordement

Le Gestionnaire du réseau de distribution de l'électricité garantit un droit d'accès au réseau de distribution aux Utilisateurs. Le gestionnaire de réseau doit veiller à ce que le raccordement d'une nouvelle installation d'utilisateur ne remette pas en cause la qualité, la sécurité et la sûreté de fonctionnement du réseau de distribution. Cette garantie peut être assortie de limitations de production ou de soutirage, dans l'attente du renforcement du réseau de distribution.

Le Gestionnaire du réseau de distribution de l'électricité, définit le schéma de raccordement de l'installation de l'utilisateur ainsi que le dimensionnement des différents composants du raccordement compte tenu des caractéristiques de l'installation de l'utilisateur à raccorder et

de celles des ouvrages existants du réseau. Il examine les différents scénarios de fonctionnement du système et les aléas qui peuvent le perturber.

*(iii) **Notification de la solution de raccordement***

La solution de raccordement est la variante de raccordement la moins coûteuse qui permet de lever toutes les contraintes (capacité thermique, plan de tension, tenue au court-circuit, plan de protection.). Elle est notifiée à l'utilisateur qui doit l'approuver sous 15 jours à compter de la date de réception du rapport d'étude de raccordement.

Les frais des études de raccordement sont déterminés par le gestionnaire de réseau et sont à la charge de l'utilisateur.

c. Données nécessaires aux études de raccordement

Lors du dépôt de la demande d'étude de raccordement, l'utilisateur doit soumettre au Gestionnaire de réseau de distribution toutes les données nécessaires à la réalisation de l'étude de raccordement. Ces données doivent être annexées à la demande de raccordement. Elles sont détaillées dans l'Annexe 1.3.

II.4.2.2 Etude de conformité

a. Objectif des études de conformité

Dans le cas des installations de production raccordées sur le réseau MT, le producteur doit justifier de la conformité de son installation aux exigences de raccordement. Pour cela il doit mener les études suivantes qui sont effectuées à sa charge :

- Etudes de flux de puissance pour démontrer la capacité de l'installation à absorber/fournir de la puissance réactive tel qu'exigé par le gestionnaire de réseau,
- Etudes de court-circuit pour pouvoir communiquer la contribution des courants de court-circuit maximums de l'installation au réseau.
- Etudes dynamiques du type LVRT ou HVRT pour démontrer la capacité de l'installation de production à rester raccordée au réseau et à fournir le courant réactif au point de raccordement pendant le défaut.
- Les études sur la qualité de l'onde :
    - Les études sur les variations d'onde notamment sur les courants harmoniques injectés,
    - Les études de papillotement de la tension (vérification des limites allouées par le gestionnaire de réseau).
    - Les études de protection.

Le producteur doit présenter au gestionnaire de réseau pour approbation une étude de protection et de sélectivité de son installation. Cette étude doit comporter :

- Le schéma de commande et de protection des équipements de l'installation
- Les caractéristiques électriques des transformateurs, des équipements de production et des systèmes de commande et de protection
- Tout autre document technique relatif aux équipements de l'installation jugé nécessaire pour l'approbation de l'étude.

L'étude de conformité est établie par un bureau d'ingénierie agréé.

Le gestionnaire de réseau, et à la demande du producteur, fournira les données relatives au réseau nécessaires pour déterminer les caractéristiques techniques des appareils de protection et leurs réglages.

b. Données nécessaires aux études de conformité

Le Gestionnaire de réseau communiquera au producteur, les données au point de raccordement qui sont détaillées dans l'Annexe 1.4 partie 1.

Ces données serviront au producteur pour élaborer l'étude de conformité notamment les simulations LVRT/HVRT et les études de la qualité d'onde.

Le producteur soumettra à son tour le modèle détaillé de l'installation incluant les données des composants internes telles que détaillées dans l'Annexe 1.4 (parties 2 et 3).

II.4.3 Processus de raccordement.

Le processus de raccordement comprend les étapes suivantes :

Etape 1 : Demande de raccordement

L'utilisateur soumet une demande d'étude de raccordement au gestionnaire de réseau et fournit toutes les données nécessaires pour la réalisation des études de raccordement.

Etape 2 : Réalisation de l'étude de raccordement :

Le gestionnaire de réseau établit l'étude de raccordement et notifie à l'utilisateur de la ou les solution(s) de raccordement possible(s) ainsi que le devis estimatif de raccordement.

Etape 3 : signature de la convention de raccordement :

Après acceptation par le demandeur du raccordement d'une des solutions techniques proposées et du devis correspondant, le Gestionnaire du Réseau de distribution de l'Electricité concerné établit le contrat de raccordement pour la mise en œuvre de la solution de raccordement retenue.

Etape 4 : Réalisation des études de conformité (voir processus de conformité II.4.2.2)

Etape 5 : Essais de mise en service, contrôle de conformité et Procès-Verbal de réception de l'installation de l'utilisateur

Etape 6 : Signature du contrat d'exploitation (prévoir un modèle de contrat en Annexe)

Etape 7 : Mise en service

Etape 8 : Exploitation et surveillance en exploitation

II.5 EXIGENCES CONSTRUCTIVES DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION POUR LE RACCORDEMENT AU RESEAU MT NON-ISOLE

II.5.1 Plages de fonctionnement en fréquence et en tension

II.5.1.1 Plages de fonctionnement en fréquence

Toute installation de production doit être capable de façon constructive de fonctionner de manière continue dans la plage de fonctionnement en fréquence [48.3 Hz - 50.5 Hz].

La centrale doit être capable de façon constructive de rester connectée au réseau, pour des durées limitées, dans les plages exceptionnelles de fréquence indiquées dans le Tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 Plages de fonctionnement normal et exceptionnel en fréquences

Plage de fréquence	Durée maximale de fonctionnement
46,5 Hz – 47,5 Hz	30 secondes
47,5 Hz – 48,3Hz	15 minutes
48,3 Hz – 50,5 Hz	Illimitée
50,5 Hz – 51,0 Hz	15 minutes
51,0 Hz – 52,5 Hz	5 minutes

II.5.1.2 Plages de fonctionnement en tension

Toute installation de production raccordée sur le réseau de distribution doit être de façon constructive capable de fonctionner de manière continue dans la plage de fonctionnement en tension [Un-10%, Un+10%].

En fonctionnement dégradé, chaque unité de production doit rester connectée au Réseau et fonctionner dans les plages de la tension et pendant les durées indiquées dans le Tableau 3 suivant :

Tableau 3 Plages de variation en tension (en p.u)

Un	Durée de fonctionnement
0,8 – 0,85	30 minutes
0,85 – 0,9	180 minutes
0,9 – 1,1	Illimitée
1,1 – 1,2	15 minutes

Dans le cas où la variation de tension ou de fréquence excède les limites techniques et les durées indiquées dans le Tableau 2 et/ou le Tableau 3, l'installation est autorisée à se déconnecter du réseau pour assurer la sécurité du matériel, des biens et du personnel.

II.5.2 Exigences constructives en cas de fonctionnement normal

II.5.2.1 Domaine de fonctionnement en puissance réactive

a. Exigences pour les machines synchrones

Pour les installations synchrones, les exigences techniques minimales pour la puissance réactive sont comme suit :

L'installation doit avoir la capacité de fourniture/absorption de puissance réactive conformément au Diagramme [P, U, Q] montrée dans la Figure 4.

- A puissance active nominale, l'installation doit pouvoir fournir une puissance réactive égale à 0,32 de la puissance active nominale à la tension nominale (Q=0,32 Pnom, Cosphi=0,95).
- A puissance active nominale, l'installation doit pouvoir absorber une puissance réactive égale à - 0,32 de la puissance nominale à la tension nominale (Q=-0,32 Pnom).
- Le point de fonctionnement doit être ajustable dans la plage montrée dans la Figure 4. La centrale doit être capable de fonctionner dans n'importe quel point du Diagramme de la Figure 4 sans limitation de durée.
- La capacité en puissance réactive ne doit pas être réduite pour toute variation de tension dans la plage de fonctionnement normal telle que spécifié dans le Tableau 3.
- Lorsque l'installation comporte plusieurs groupes de production qui ne sont pas en service réduisant sa puissance disponible à moins de 10% de la puissance nominale, les limites de fourniture/absorption de la puissance réactive sont réduites aux valeurs de Qmin0, Qmax0. Les valeurs de Qmin0, Qmax0 seront convenues avec le gestionnaire de réseau.
- Le transformateur de puissance de l'installation doit être muni d'un régleur à vide qui doit comporter trois prises graduées -5 % ; 0; +5 %. Les unités de production doivent être équipées de régulateurs permettant de contrôler la tension et/ou la puissance réactive au

terminal basse tension du générateur. Le système de réglage de tension doit être secouru d'un régulateur manuel de tension.

- à la demande du gestionnaire de réseau, les installations de production peuvent être équipées d'un régulateur de tension muni au moins d'un stabilisateur de tension à effet de variation de puissance ou d'autres types de stabilisateurs.

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.

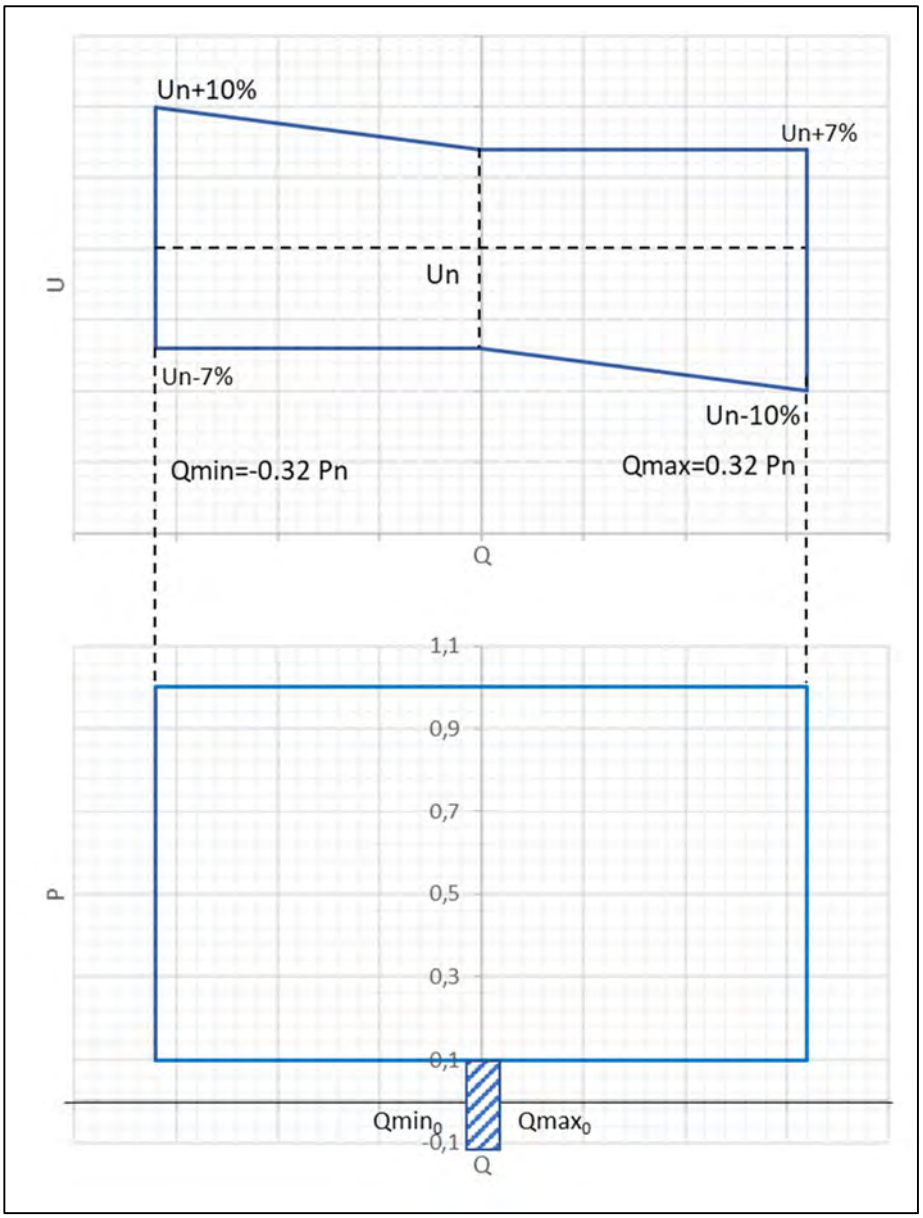

Figure 4 .- Exigences en capacité réactive des installations synchrones raccordées sur les réseaux MT non-isolés (tension à 1 per unit au point de raccordement)

b. Exigences pour les machines non synchrones

Pour les installations non-synchrones, les exigences techniques minimales pour la puissance réactive sont comme suit :

L'installation doit avoir la capacité de fourniture/absorption de puissance réactive conformément au Diagramme [P, U, Q] montré dans la Figure 4.

- A puissance active nominale, l'installation doit pouvoir fournir une puissance réactive égale à 0,32 de la puissance active nominale à la tension nominale (Q=0,32 Pnom, Cos phi = 0.95).
- A puissance active nominale, l'installation doit pouvoir absorber une puissance réactive égale à 0,32 de la puissance nominale à la tension nominale (Q=-0,32 Pnom, Cos phi = 0.95).
- Le point de fonctionnement doit être ajustable dans la plage montrée dans la Figure 4. La centrale doit être capable de fonctionner dans n'importe quel point du Diagramme de la Figure 4 sans limitation de durée.
- La capacité en puissance réactive ne doit pas être réduite pour toute variation de tension dans la plage de fonctionnement normal telle que spécifié dans le Tableau 3.
- Lorsque l'installation comporte plusieurs groupes de production qui ne sont pas en service réduisant sa puissance disponible à moins de 10% de la puissance nominale, les limites de fourniture/absorption de la puissance réactive sont réduites aux valeurs de Qmin0, Qmax0. Les valeurs de Qmin0, Qmax0 seront convenues avec le gestionnaire de réseau.
- Les installations de production non-synchrones doivent être munies d'un transformateur de puissance équipé d'un régleur à vide.
- Les installations de production doivent être munies de régulateurs permettant de contrôler la tension et/ou la puissance réactive au point d'injection.

II.5.2.2 Exigences spécifiques au réglage de puissance et de fréquence

Toute installation de production raccordée sur un réseau MT non-isolé doit être contrôlable en termes de puissance active et ce, afin de lutter contre un risque de perturbation de l'équilibre du système électrique.

L'installation doit être capable d'ajuster sur ordre du gestionnaire de réseau de distribution la valeur de puissance active produite à la valeur de consigne spécifiée par le gestionnaire de réseau

Les installations de production doivent avoir l'aptitude au réglage de la fréquence en cas de fréquences élevées.

Un système de contrôle-commande doit être activé à partir d'un seuil de 50.5 Hz et doit permettre de diminuer linéairement la puissance active. Le réglage du statisme de ces installations est convenu avec le gestionnaire de réseau de distribution.

La dynamique de réduction de puissance demandée aux installations est décrite sur la Figure 5 ci-dessous. La valeur de réglage de statisme doit être convenue avec le gestionnaire de réseau de distribution.

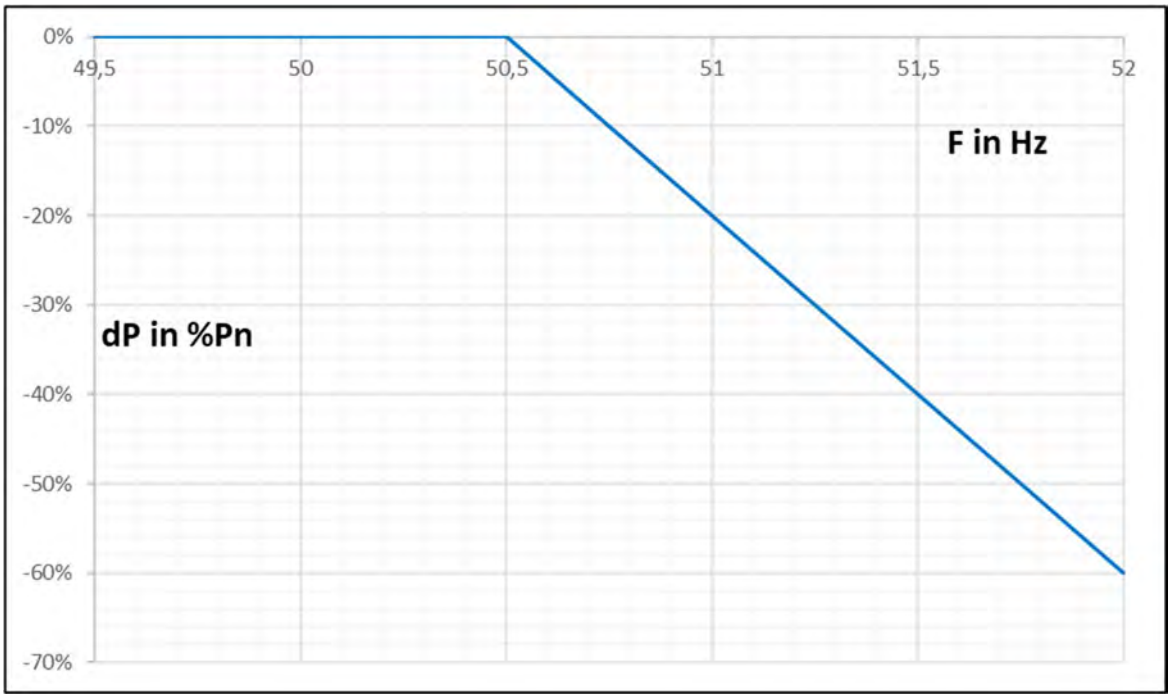

Figure 5 .- Réglage de fréquence en cas de surfréquences

II.5.2.3 Réglage de tension

Le réglage de tension pour les installations de production peut être effectué selon deux modes :

- Mode 1– Réglage de facteur de puissance constant.
- Mode 2– Réglage de facteur de puissance selon une caractéristique cos phi en fonction de la puissance active (cos phi (P)).

En cours d'exploitation, le mode de réglage et les valeurs de consigne sont définis par le gestionnaire de réseau de distribution en fonction des besoins et des contraintes locales et tient compte de la capacité de l'installation de production de l'électricité à assurer le réglage.

En cours d'exploitation, le mode de réglage et les valeurs de consigne sont définis par le gestionnaire de réseau en fonction des besoins et des contraintes locales et tient compte de la capacité de l'installation de production de l'électricité à assurer le réglage.

II.5.3 Exigences constructives en cas de fonctionnement dégradé

Les installations de production doivent, par leur conception, pouvoir fonctionner en régime perturbé en fréquence et/ou en tension tel qu'indiqué dans le Tableau 2 et Tableau 3.

Il appartient au Producteur d'équiper ses installations de dispositifs de limitation ou de protection pour préserver son matériel face aux contraintes qui peuvent survenir lors d'un fonctionnement en régime perturbé de réseau de fréquence et /ou tension.

Ces protections doivent être conçues de façon à éviter des fonctionnements intempestifs lors des régimes transitoires auxquels peut être soumise l'installation.

II.5.3.1 Fonctionnement en cas de creux de tension

Toute installation de production doit rester couplée et synchronisée au réseau lors des défauts avec un gabarit de tension conforme au gabarit présenté dans la Figure 6 :

- L'installation de production doit rester couplée et synchronisée au réseau lors des défauts avec une tension retenue aux bornes HT du transformateur du groupe, de 0 p.u de la tension nominale pour une durée de Tret seconde et une tension retenue égale à Uret1 pour une durée de Tret1 seconde.

- Pour une tension retenue comprise entre Uret1 et $Umin_e$ définissant la tension minimale en régime perturbé, une interpolation linéaire est appliquée.
- Pour une tension comprise entre $Umin_e$ et $Umin_n$ définissant la tension minimale en régime permanent ($Umin_n$=0.9 p.u), les temporisations sont à convenir avec le gestionnaire de réseau de distribution.
- En cas d'une tension entre Umaxn définissant la limite supérieure du domaine de fonctionnement normal et UHVRT au point de raccordement, l'installation de production ne doit pas se déconnecter pendant au moins une durée égale à Tret3 (voir Figure 6 ci-dessous).
- Une installation de production est autorisée à se déconnecter immédiatement lors d'une surtension supérieure à UHVRT.
- En cas d'une surtension asymétrique, la tension de la Figure 6 correspond à la valeur maximale des trois phases (ligne-ligne ou ligne-terre).
- Dans le cas de défauts asymétriques, la tension indiquée dans la Figure 6 correspond à la valeur minimale des trois phases (entre phases ou phase-terre).

En cas de réenclenchements monophasés, l'installation de production doit rester raccordée et synchronisée pendant la période entre deux creux de tensions, même si seulement deux phases du réseau sont disponibles pendant la période entres les deux creux de tension consécutifs

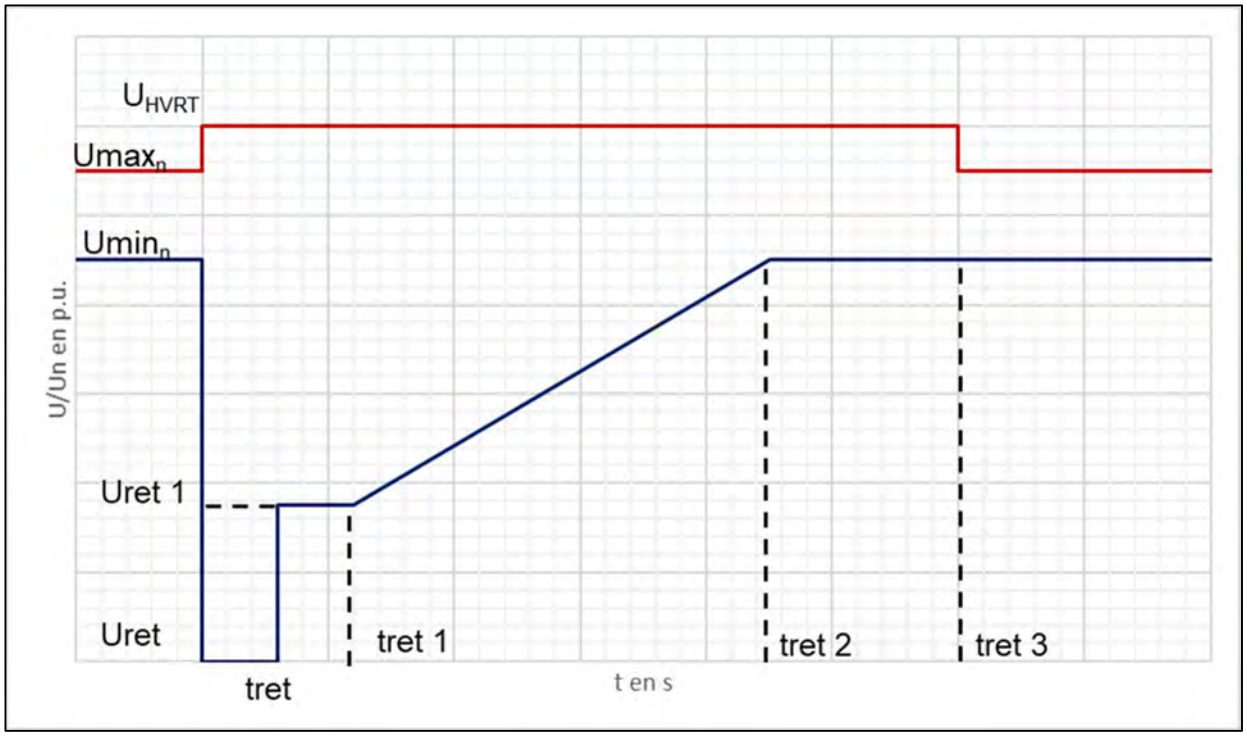

Figure 6 .- Profil de tenue aux creux de tension/surtension d'une installation de production à raccorder sur un réseau MT non-isolé

a. Exigences spécifiques pour les machines synchrones

Les tensions et temporisations durant lesquelles les installations de production synchrones doivent demeurer en service sont spécifiées dans le Tableau 4 ci-dessous :

Tableau 4 Tensions et temporisations durant lesquelles les installations synchrones doivent demeurer en service

Paramètre	Valeur
Tret	300ms
Tret1	0.6 secondes
Tret2	3 secondes
Tret3	15 minutes
Uret	0 per unit
Uret1	0.5 per unit
Umine	0.8 p.u
Umaxn	1.1 p.u
UHVRT	1.2 p.u

Chaque installation de production non-synchrone après élimination du défaut doit rétablir la production de puissance active au moins à 90% du niveau disponible immédiatement avant le défaut en 1 seconde.

En cas de défauts multiples consécutifs, l'installation de production synchrone doit rester raccordée et synchronisée pendant trois évènements consécutifs pendant 120 secondes.

b. Exigences spécifiques pour les machines non-synchrones

Les tensions et temporisations durant lesquelles les installations de production non-synchrones doivent demeurer en service sont spécifiées dans le Tableau 5 ci-dessous :

Tableau 5 Tensions et temporisations durant lesquelles les installations non-synchrones doivent demeurer en service

Paramètre	Valeur
Tret	300ms
Tret1	0.6 secondes
Tret2	3 secondes
Tret3	15 minutes
Uret	0 per unit
Uret1	0.1 per unit
Umaxn	1.1 p.u
UHVRT	1.2 p.u

Pendant les creux de tension, l'installation de production non-synchrone doit fournir un courant réactif en fonction de la tension retenue conformément aux exigences spécifiées dans le paragraphe 'II.5.3.2 I.1.1.1a''.

Chaque installation de production non-synchrone après élimination du défaut doit rétablir la production de puissance active au moins à 90% du niveau disponible immédiatement avant le défaut en 1 seconde.

En cas de défauts multiples consécutifs, l'installation de production non-synchrone doit rester raccordée et synchronisée pendant trois évènements consécutifs pendant 120 secondes.

II.5.3.2 Maintien du courant réactif pendant le défaut

a. Exigences spécifiques pour les machines synchrones

La réponse des installations de production synchrones aux creux de tension ou hausse de tension est définie par leur comportement physique (injection d'un courant réactif/courant de court-circuit).

b. Exigences spécifiques pour les machines non-synchrones

Pour maintenir la tension au cours de situations de creux de tension, les installations de production non-synchrones doivent injecter du courant réactif supplémentaire dans le réseau à l'instar des installations de production synchrones. De même, pour réduire la tension aux valeurs admissibles, les installations de production non-synchrones doivent absorber le courant réactif, pour les situations de surtensions.

Afin de maintenir la tension dans le cas des défauts symétriques et asymétriques ou dans le cas des hausses de tension, l'injection ou l'absorption d'un courant réactif supplémentaire par une unité de production non-synchrone doit satisfaire les conditions suivantes :

- Les unités de production non-synchrones doivent injecter ou absorber un courant réactif additionnel en proportion à la variation de la tension, comme représenté sur la Figure 7.
- Le courant réactif total est égal à la somme du courant réactif avant la perturbation et le courant réactif additionnel.
- Le courant réactif total peut être limité au courant nominal de l'unité de production (le courant nominal est défini par

$$I_n = P_n \Big/ \sqrt{3} U_n$$

avec :

  - Pn : puissance active nominale de l'unité de production,
  - Un : tension nominale de l'unité de production.

- La tension ΔUt (en p.u.) est égale à la différence entre la tension avant et après la perturbation en p.u. au point de raccordement local (BT) d'une unité de production non-synchrone. La tension ΔUt correspond à la composante du système direct.
- Dans la bande -0,1p.u.< ΔUt <0,1p.u. aucune exigence d'injection de courant réactif additionnel n'est imposée.
- Le facteur de proportionnalité K est réglable entre 0 et 10 (0<=K<=10). Son réglage est convenu avec le Gestionnaire de réseau avant la mise en service.
- Le courant réactif additionnel d'après la Figure 7 est un courant symétrique (système direct), même dans le cas d'un défaut asymétrique.
- En cas de situations asymétriques, l'installation de production non-synchrone répond à une tension au système inverse en absorbant un courant réactif qui est proportionnel à la tension du système inverse (analogiquement à une réactance du système inverse). Le facteur de proportionnalité du système inverse (K2) est convenu avec l'Opérateur du système avant la mise en service.
- La durée de l'action d'injection ou d'absorption du courant réactif supplémentaire (système direct et inverse) doit être effectuée dans un délai de 60ms au maximum (temps d'établissement du courant réactif).

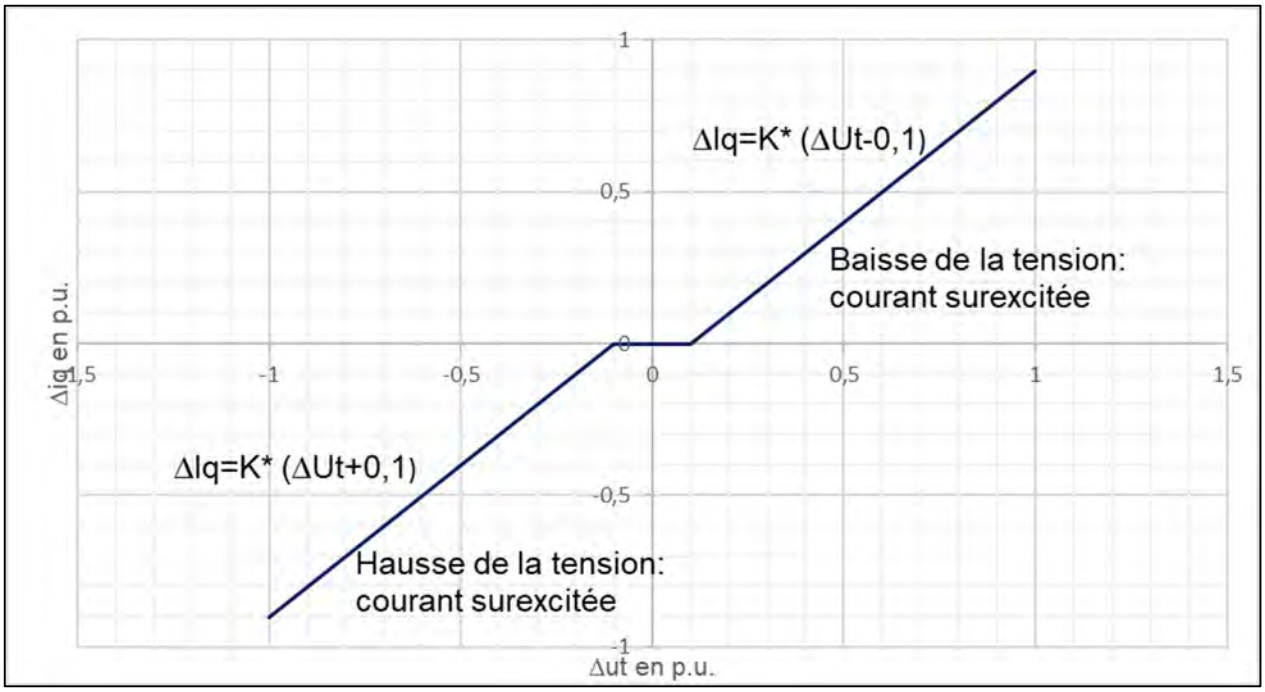

Figure 7.- Injection de courant réactif en fonction de la variation de tension en cas de creux de tension ou hausse de tension- Installations non synchrones

II.5.4 Exigences relatives aux systèmes de comptage et des dispositifs de mesure

Le Producteur équipera ses installations d'évacuation d'énergie (avant-poste ou poste) d'un système complet de comptage d'énergie de précision pour enregistrer l'énergie injectée ou soutirée sur le réseau. Ce système permet le comptage et l'enregistrement de l'énergie active et réactive en émission et réception (alimentation des auxiliaires), avec une période d'intégration réglable.

Le système de comptage est composé de deux compteurs de l'énergie livrée au réseau fournis et installés par le demandeur, à ses frais, au point de livraison. Les deux compteurs doivent être du type 4 quadrants (actif/réactif, import/export) conformes aux normes en vigueur CEI de classe de précision 0,2S en actif et 2 en réactif. Un des compteurs est référencé en compteur principal et l'autre en compteur redondant, dans le procès-verbal de mise en service signé par le gestionnaire de réseau et le producteur.

Les compteurs et réducteurs de mesures doivent être de classe de précision au minimum égale à 0,2 et conformes aux normes et à la réglementation en vigueur.

Le système de comptage doit disposer de toutes les fonctions exigées pour un paramétrage et une exploitation aussi bien en local qu'à distance.

II.5.5 Exigences vis-à-vis du système de télé-information

Toute installation de production raccordée sur un réseau MT non-isolé doit être équipée des équipements de communication adéquats (téléphonie, informatique, messagerie...) permettant d'assurer convenablement des échanges d'information avec le gestionnaire de réseau de distribution.

Des équipements compatibles avec les systèmes de communications et de télé-conduite du gestionnaire de réseau de distribution doivent être installés.

Pour répondre à l'évolution des réseaux, le gestionnaire de réseau a le droit d'imposer les adaptations et/ou réglages nécessaires des équipements de télé conduite et de télé-informations des installations du producteur.

II.5.6 Exigences relatives aux systèmes de protection

Le gestionnaire de réseau fournira aux producteurs 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.

La liste détaillée des équipements de protection est à indiquer par le producteur et le gestionnaire de réseau en annexe au contrat de raccordement.

II.5.6.1 Exigences spécifiques aux machines synchrones

Toute installation de production synchrone doit être dotée d'un système de protection qui comporte :

- Une protection vis-à-vis des défauts pouvant survenir sur le réseau auquel est raccordée l'installation de production. Cette protection doit entraîner le découplage des groupes de production afin que ceux-ci n'alimentent plus le défaut qui est normalement éliminé par les protections équipant le réseau. Pour le réseau et pour le groupe de production, Il est préférable de choisir un appareil de découplage permettant l'ilotage du groupe.
- 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 point de livraison ; A cet effet, il sera prévu un ensemble complet et coordonné de protections et d'automates pour les différents organes de l'installation dont notamment :
    - Minimum de tension
    - Déséquilibre de courant
    - Maximum de courant alternateur
    - Différentielle alternateur
    - Différentielle totale
    - Dispositif de mise à la terre du neutre dans l'installation de production
    - Puissance inverse
    - Glissement de pôle
    - …

Une protection destinée à séparer les installations de production du réseau en cas de rupture de synchronisme. Pour les groupes 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.

II.5.6.2 Exigences spécifiques aux machines non-synchrones

Toute installation de production non synchrone doit être dotée d'un système de protection qui comporte :

- Une protection vis-à-vis des défauts pouvant survenir sur le réseau auquel est raccordée l'installation de production. Cette protection doit entraîner le découplage des groupes de production afin que ceux-ci n'alimentent plus le défaut qui est normalement éliminé par les protections équipant le réseau. Pour le réseau et pour le groupe de production, Il est préférable de choisir un appareil de découplage permettant l'ilotage du groupe.
- Une protection vis-à-vis des défauts pouvant survenir sur l'installation intérieure qui comporte :
    - Une protection de surintensité

- Une protection de découplage qui doit déceler les protections suivantes :
  - Protection de tension
  - Protection de fréquence
  - Protection à maximum courant homopolaire
- Une protection anti-îlotage

II.5.7 Ilotage

II.5.7.1 Exigences spécifiques aux installations synchrones

L'installation de production synchrone doit être équipée d'automates fiables lui permettant de fonctionner en îlotage suite aux défauts électriques survenus sur le réseau de distribution pour une durée d'une heure permettant ainsi le re-couplage rapide de l'installation au réseau après l'élimination du défaut.

Les auxiliaires des unités de production synchrones doivent pouvoir fonctionner en toute sécurité jusqu'à la limite du minimum de tension admissible par les groupes.

II.5.7.2 Exigences spécifiques aux installations non-synchrones

Les installations de production non-synchrones doivent être équipées des dispositifs de protection pour détecter le fonctionnement en îlotage et pour séparer l'installation du réseau en cas d'îlotage.

La resynchronisation des installations non-synchrones ne doit se faire qu'après autorisation du gestionnaire de réseau de distribution.

II.5.8 Qualité d'onde

II.5.8.1 Harmoniques

Les installations de production non synchrones doivent en règle générale se conformer aux limites de tension harmonique dans tous les nœuds du réseau.

Le gestionnaire de réseau attribue une limite individuelle de distorsion de la tension harmonique pour chaque installation. Cette limite doit prendre en compte toutes les génératrices existantes et toutes les charges ainsi que toute génératrice ou charge qui pourrait être reliée au réseau à l'avenir.

La définition des limites de distorsion harmonique fait l'objet d'une étude spécifique telle que décrite par le texte de la norme CEI/TR 61000-3-6 version 2008.

II.5.8.2 Flicker (Papillotement)

Le niveau de papillotement lié aux variations rapides de la tension doit être inférieur à l'indice de papillotement de longue durée Plt=0.6 pendant 95% du temps sur une période de mesure d'une semaine.

Cette valeur correspond à la limite de planification en haute tension telle que définie dans la norme CEI/TR 61000-3-7 version 1996.

Le gestionnaire de réseau attribue une limite individuelle d'émission de papillotement pour chaque installation. Cette limite doit prendre en compte toutes les génératrices existantes et toutes les charges ainsi que toute génératrice ou charge qui pourrait être reliée au réseau à l'avenir.

Le Flicker ou papillotement causé par l'installation de production non synchrone au point de raccordement ne doit pas dépasser les limites autorisées suivantes :

$$PIT \leq EPIT$$
$$Pst \leq EPst$$

Où :

EPst= 0,3 ÷ 0,35 Limite d'émission de papillotement pour l'indice Pst permise à l'installation du Producteur. Cette limite est calculée comme moyenne pondérée de la contribution du Flicker pendant dix minutes.

EPIT = 0,3 ÷ 0,35 Limite d'émission de papillotement pour l'indice Plt permise à l'installation du Producteur. Cette limite est calculée comme moyenne pondérée de la contribution du Flicker pendant deux heures.

Pst : Indice de papillotement évalué sur des intervalles d'intégration de 10 minutes.

Plt : Indice de papillotement évalué sur des intervalles d'intégration de 2 heures.

II.5.8.3 Variations rapides de tension

Toute installation de production ne doit pas entrainer au point de raccordement des variations rapides de tension supérieures à ±5%.

II.5.8.4 Exigences additionnelles en termes de qualité d'onde

Compte tenu des diverses particularités des équipements de production d'électricité et de l'évolution des technologies utilisées, le gestionnaire de réseau pourrait, au besoin, spécifier des exigences additionnelles en matière de qualité de l'onde électrique que devront respecter les installations du Producteur pour préserver une qualité de service adéquate. Ces exigences additionnelles pourront être définies en fonction du type de production, du mode de raccordement ou des caractéristiques du réseau auquel les installations du Producteur sont raccordées.

II.6 EXIGENCES CONSTRUCTIVES DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION POUR LE RACCORDEMENT AU RESEAU MT ISOLE

II.6.1 Plages de fonctionnement en fréquence

Toute installation de production raccordée sur un réseau MT isolé doit être capable de façon constructive de fonctionner dans les plages de fonctionnement en fréquence et les durée indiquées dans le Tableau 2 du paragraphe II.5.1.1.

II.6.2 Plages de fonctionnement en tension

Toute installation de production raccordée sur le réseau de distribution doit être de façon constructive capable de fonctionner dans les plages de fonctionnement en tension et les durées indiquées dans le Tableau 3 du paragraphe II.5.1.2.

II.6.3 Exigences constructives en cas de fonctionnement normal

II.6.3.1 Domaine de fonctionnement en puissance réactive

a. Exigences pour les machines synchrones

Pour les installations synchrones, les exigences techniques minimales pour la puissance réactive sont comme suit :

L'installation doit avoir la capacité de fourniture/absorption de puissance réactive conformément au Diagramme [P, U, Q] montré dans la Figure 4.

- A puissance active nominale, l'installation doit pouvoir fournir une puissance réactive égale à 0,32 de la puissance active nominale à la tension nominale (Q=0.32 Pnom, Cosphi=0,95).
- A puissance active nominale, l'installation doit pouvoir absorber une puissance réactive égale à - 0,32 de la puissance nominale à la tension nominale (Q=-0,32 Pnom).

- Le point de fonctionnement doit être ajustable dans la plage montrée dans la Figure 4. La centrale doit être capable de fonctionner dans n'importe quel point du Diagramme de la Figure 4 sans limitation de durée.
- La capacité en puissance réactive ne doit pas être réduite pour toute variation de tension dans la plage de fonctionnement normal telle que spécifié dans le Tableau 3.
- Lorsque l'installation comporte plusieurs groupes de production qui ne sont pas en service réduisant sa puissance disponible à moins de 10% de la puissance nominale, les limites de fourniture/absorption de la puissance réactive sont réduites aux valeurs de Qmin0, Qmax0. Les valeurs de Qmin0, Qmax0 seront convenues avec le gestionnaire de réseau.
- Le transformateur de puissance de l'installation doit être muni d'un régleur à vide qui doit comporter trois prises graduées -5 % ; 0; +5 %. Les unités de production doivent être équipées de régulateurs permettant de contrôler la tension et/ou la puissance réactive au terminal basse tension du générateur. Le système de réglage de tension doit être secouru d'un régulateur manuel de tension.
- Les installations de production doivent être équipées d'un régulateur de tension muni au moins d'un stabilisateur de tension à effet de variation de puissance ou d'autres types de stabilisateurs.

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.

b. Exigences pour les machines non synchrones

Pour les installations non-synchrones, les exigences techniques minimales pour la puissance réactive sont comme suit :

L'installation doit avoir la capacité de fourniture/absorption de puissance réactive conformément au Diagramme [P, U, Q] montré dans la Figure 4.

- A puissance active nominale, l'installation doit pouvoir fournir une puissance réactive égale à 0,32 de la puissance active nominale à la tension nominale (Q=0,32 Pnom, Cos phi = 0.95).
- A puissance active nominale, l'installation doit pouvoir absorber une puissance réactive égale à -0,32 de la puissance nominale à la tension nominale (Q=-0,32 Pnom, Cos phi = 0.95).
- Le point de fonctionnement doit être ajustable dans la plage montrée dans la Figure 4. La centrale doit être capable de fonctionner dans n'importe quel point du Diagramme de la Figure 4 sans limitation de durée.
- La capacité en puissance réactive ne doit pas être réduite pour toute variation de tension dans la plage de fonctionnement normal telle que spécifiée dans le Tableau 3.
- Lorsque l'installation comporte plusieurs groupes de production qui ne sont pas en service réduisant sa puissance disponible à moins de 10% de la puissance nominale, les limites de fourniture/absorption de la puissance réactive sont réduites aux valeurs de Qmin0, Qmax0. Les valeurs de Qmin0, Qmax0 seront convenues avec le gestionnaire de réseau.
- Les installations de production non-synchrones doivent être munies d'un transformateur de puissance équipé d'un régleur à vide.
- Les installations de production doivent être munies de régulateurs permettant de contrôler la tension et/ou la puissance réactive au point d'injection.

II.6.3.2 Exigences spécifiques au réglage de puissance et de fréquence

Toute installation de production raccordée sur un réseau MT isolé doit être contrôlable en termes de puissance active et ce, afin de lutter contre un risque de perturbation de l'équilibre du système électrique.

L'installation doit être capable d'ajuster sur ordre du gestionnaire de réseau de distribution la valeur de puissance active produite à la valeur de consigne spécifiée par le gestionnaire de réseau

Les installations de production (y compris les installations éoliennes et photovoltaïques) doivent avoir la capacité technique de participer au réglage primaire de fréquence.

Les installations éoliennes et photovoltaïques ne participent pas aux réglages secondaire et tertiaire.

a. Exigences spécifiques aux installations participant au réglage primaire

Sur consigne du gestionnaire de réseau de distribution, les unités de production de la centrale doivent être capables d'ajuster la puissance produite de manière automatique en réponse aux variations de la fréquence conformément à la Figure 8.

Dans ce sens :

- Les installations de production de l'électricité synchrones doivent être équipées d'un régulateur de vitesse.
- Les installations de production de l'électricité non-synchrones doivent être équipées d'un régulateur de fréquence.
- Le régulateur de vitesse/le régulateur de fréquence doit être capable d'asservir la puissance de l'installation aux variations de la fréquence du Réseau de distribution. Ce régulateur doit avoir les caractéristiques suivantes :
    - Le réglage primaire de la fréquence ne doit être activé que sur instruction du gestionnaire de réseau de distribution.
    - La valeur du statisme doit être ajustée pendant l'exploitation et demeurer dans l'intervalle 2-10%. Le réglage de la valeur du statisme doit être déterminé et communiqué par le gestionnaire de réseau de distribution.
    - Les limites de la bande morte doivent être ajustables en continu pendant l'exploitation. La valeur du point f1 doit être dans la plage 47.5-50 Hz et celle de f2 dans la plage 50.0-52.0 Hz.
    - La précision de mesure de la fréquence doit être inférieure à 10mHz.
    - Les unités de production doivent être capables d'assurer une réponse dans les deux sens d'augmentation ou de diminution de 10% de la puissance active disponible et de maintenir un fonctionnement continu et stable suite à une telle réponse.
    - La réponse maximale de la centrale doit être limitée à une valeur spécifiée par le gestionnaire de réseau de distribution.
    - La réponse doit être comme suit : La centrale doit avoir la capacité de restituer la totalité de la réserve de puissance attendue en moins de 10 secondes et la moitié de cette réserve en moins de 5 secondes. L'action de réglage doit être activée dans un délai maximum de 2 secondes et la réponse attendue doit pouvoir être maintenue au moins pendant 1 heure. Cette exigence s'applique pour toutes les valeurs de statismes dans la plage 2-10%.

Toutes les installations de production participant au réglage primaire de fréquence doivent conserver leur capacité de fourniture de service de tension/puissance réactive

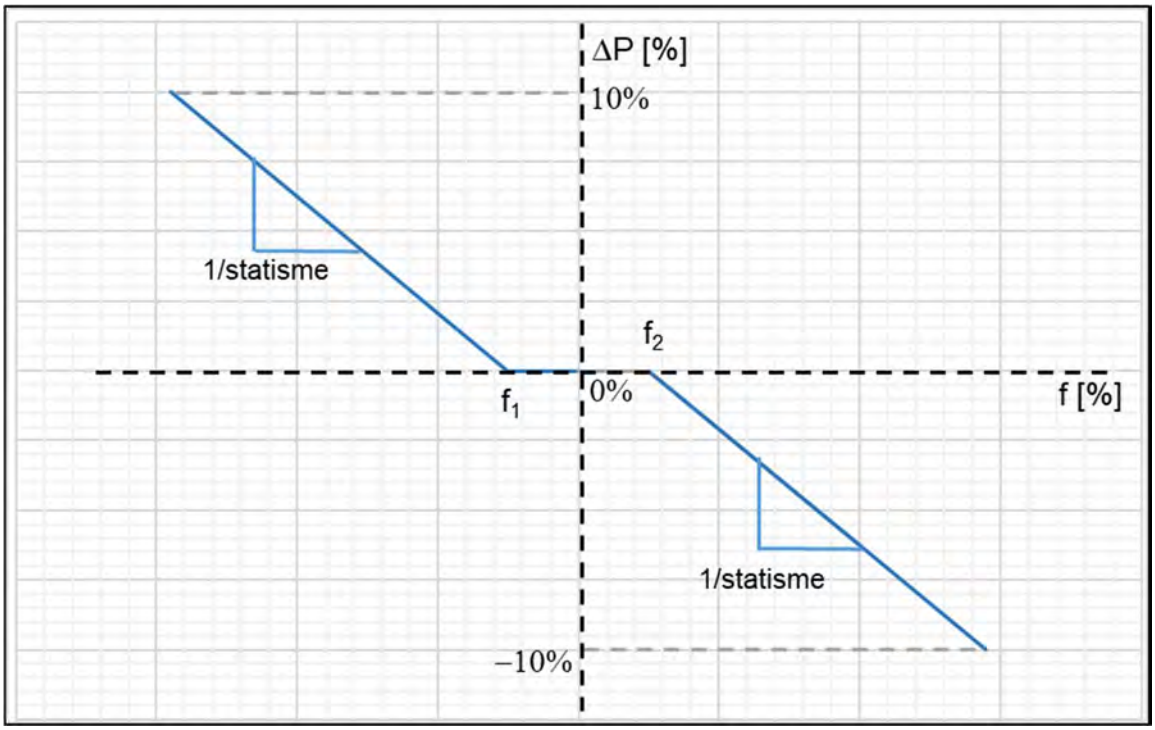

Figure 8 .- Réponse de réglage primaire

b. Exigences spécifiques aux installations ne participant pas au réglage primaire

Les installations de production qui ne participent pas au réglage primaire doivent avoir l'aptitude au réglage de la fréquence en cas de fréquences élevées.

Un système de contrôle-commande doit être activé à partir d'un seuil de 50.5 Hz et doit permettre de diminuer linéairement la puissance active. Le réglage du statisme de ces installations est convenu avec le gestionnaire de réseau de distribution.

La dynamique de réduction de puissance demandée aux installations est décrite sur la Figure 5 du paragraphe II.5.2.2. La valeur de réglage de statisme doit être convenue avec le gestionnaire de réseau de distribution.

II.6.4 Exigences en cas de fonctionnement dégradé

Les installations de production doivent, par leur conception, pouvoir fonctionner en régime perturbé en fréquence et/ou en tension tel qu'indiqué dans le Tableau 2 et Tableau 3.

Il appartient au Producteur d'équiper ses installations de dispositifs de limitation ou de protection pour préserver son matériel face aux contraintes qui peuvent survenir lors d'un fonctionnement en régime perturbé de réseau de fréquence et /ou tension.

Ces protections doivent être conçues de façon à éviter des fonctionnements intempestifs lors des régimes transitoires auxquels peut être soumise l'installation.

II.6.4.1 Fonctionnement en cas de creux de tension

Toute installation de production synchrone doit rester couplée et synchronisée au réseau lors des défauts avec un gabarit de tension conforme au gabarit présenté dans la Figure 6 et les temporisations spécifiées dans le Tableau 4 du paragraphe II.5.3.1 partie a.

Toute installation de production non-synchrone doit rester couplée et synchronisée au réseau lors des défauts avec un gabarit de tension conforme au gabarit présenté dans la Figure 6 et les temporisations spécifiées dans le Tableau 5 du paragraphe II.5.3.1 partie b.

II.6.4.2 Maintien du courant réactif pendant le défaut

a. Exigences spécifiques pour les machines synchrones

La réponse au creux de tension ou hausse de tension des installations de production synchrones à raccorder sur un réseau MT isolé, est définie par leur comportement physique (injection d'un courant réactif/courant de court-circuit).

b. Exigences spécifiques pour les machines non-synchrones

Afin de maintenir la tension dans le cas des défauts symétriques et asymétriques ou dans le cas des hausses de tension, l'injection ou l'absorption d'un courant réactif supplémentaire par une unité de production non-synchrone doit satisfaire les conditions mentionnées dans le paragraphe II.5.3.2 partie b.

II.6.5 Exigences relatives aux systèmes de comptage et des dispositifs de mesure

Le Producteur équipera ses installations d'évacuation d'énergie (avant-poste ou poste) d'un système complet de comptage d'énergie de précision pour enregistrer l'énergie injectée ou soutirée sur le réseau.

Les spécifications techniques relatives au système de comptage et dispositifs de mesures du paragraphe II.5.4 s'appliquent.

II.6.6 Exigences vis-à-vis du système de télé-information

Toute installation de production raccordée sur un réseau MT isolé doit être équipée des équipements de communication adéquats (téléphonie, informatique, messagerie...) permettant d'assurer convenablement des échanges d'information avec le gestionnaire de réseau de distribution.

Des équipements compatibles avec les systèmes de communications et de télé-conduite du gestionnaire de réseau de distribution doivent être installés.

Pour répondre à l'évolution des réseaux, le gestionnaire de réseau a le droit d'imposer les adaptations et/ou réglages nécessaires des équipements de télé conduite et de télé-informations des installations du producteur.

II.6.7 Exigences relatives aux systèmes de protection

Le gestionnaire de réseau fournira aux producteurs 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.

La liste détaillée des équipements de protection est à indiquer par le producteur et le gestionnaire de réseau en annexe au contrat de raccordement.

Toute installation de production synchrone doit être dotée d'un système de protection dont les exigences techniques sont telles que spécifiées dans le paragraphe II.5.6.1.

Toute installation de production synchrone doit être dotée d'un système de protection dont les exigences techniques sont tel que spécifiées dans le paragraphe II.5.6.2.

II.6.8 Ilotage

II.6.8.1 Exigences spécifiques aux installations synchrones

L'installation de production synchrone doit être équipée d'automates fiables lui permettant de fonctionner en îlotage suite aux défauts électriques survenus sur le réseau de distribution pour une durée d'une heure permettant ainsi le re-couplage rapide de l'installation au réseau après l'élimination du défaut.

Les auxiliaires des unités de production synchrones doivent pouvoir fonctionner en toute sécurité jusqu'à la limite du minimum de tension admissible par les groupes.

II.6.8.2 Exigences spécifiques aux installations non-synchrones

Les installations de production non-synchrones doivent être équipées des dispositifs de protection pour détecter le fonctionnement en îlotage et pour séparer l'installation du réseau en cas d'îlotage.

La resynchronisation des installations non-synchrones ne doit se faire qu'après autorisation du gestionnaire de réseau de distribution.

II.6.9 Qualité d'onde

L'ensemble des exigences techniques mentionnées dans le paragraphe II.5.8 s'appliquent.

II.7 EXIGENCES CONSTRUCTIVES AUX INSTALLATIONS RACCORDEES SUR LE RESEAU BASSE TENSION

II.7.1 Plages de fonctionnement en fréquence et en tension

Toute installation de production à raccorder sur le réseau basse tension doit être capable de façon constructive de fonctionner de manière continue dans la plage de fonctionnement en fréquence et les temporisations indiquées dans le paragraphe II.5.1.1.

Toute installation de production raccordée sur le réseau de distribution doit être de façon constructive capable de fonctionner de manière continue dans la plage de fonctionnement en tension et les temporisations indiquées dans le paragraphe II.5.1.2.

Dans le cas où la variation de tension ou de fréquence excède les limites techniques et les durées indiquées dans le paragraphe II.5.1.1 et/ou II.5.1.2, l'installation est autorisée à se déconnecter du réseau basse tension.

II.7.2 Exigences relatives à la fourniture de la puissance réactive

L'installation doit avoir la capacité de fourniture/absorption de puissance réactive égale à 0,32 de la puissance active nominale à la tension nominale (Q=±0,32 Pnom, Cos phi = ± 0.95).

II.7.3 Tenue au creux de tension

Les installations de production raccordées sur le réseau basse tension doivent restées couplées et synchronisées au réseau lors des défauts avec un gabarit de tension conforme au gabarit présentée dans la Figure 9 ci-dessous :

- L'installation de production doit rester couplée et synchronisée au réseau lors des défauts avec une tension retenue, de Uret1 de la tension nominale pour une durée de Tret.
- Pour une tension retenue comprise entre Uret1 et $Umin_e$ définissant la tension minimale en régime perturbé, une interpolation linéaire est appliquée.
- Pour une tension comprise entre $Umin_e$ et $Umin_n$ définissant la tension minimale en régime permanent ($Umin_n$=0.9 p.u), les temporisations sont à convenir avec le gestionnaire de réseau de distribution.

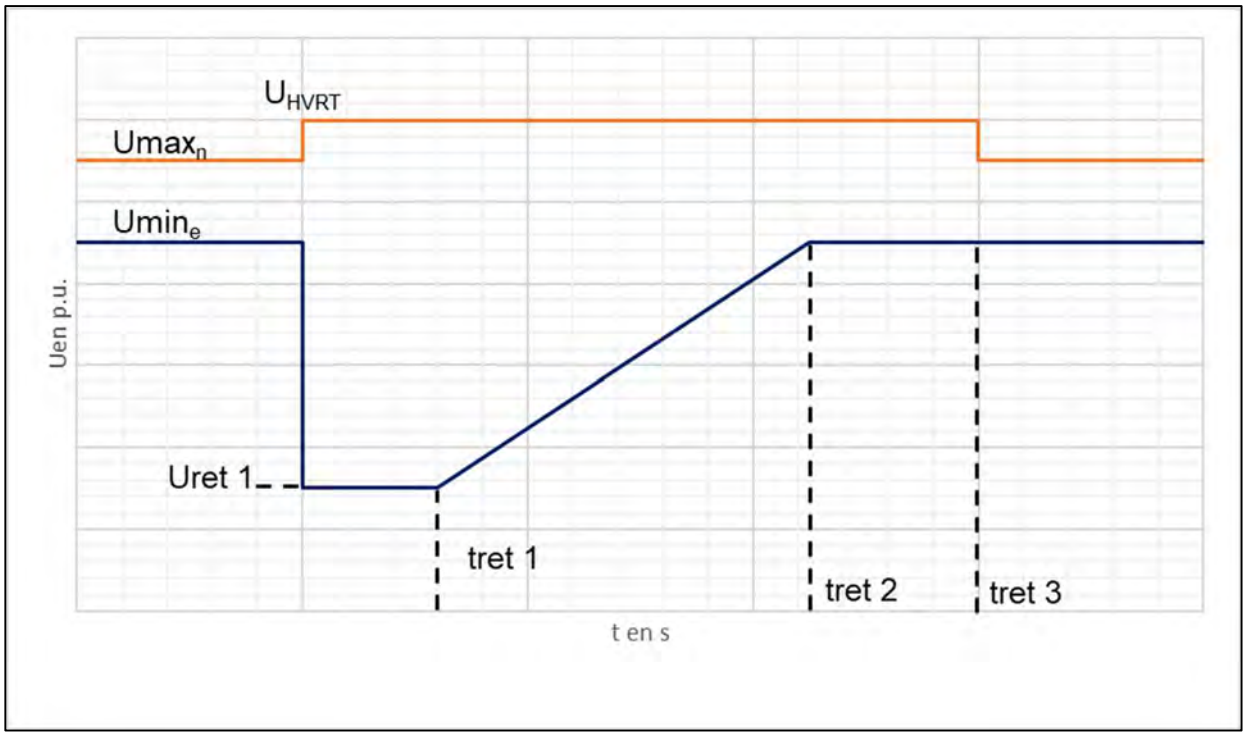

Figure 9 .- Profil de tenue aux creux de tension/surtension d'une installation de production à raccorder sur un réseau basse tension

Les tensions et temporisations durant lesquelles les installations de production raccordées sur le réseau de basse tension doivent demeurer en service sont spécifiées dans le Tableau 6 ci-dessous :

Tableau 6 Tensions et temporisations durant lesquelles les installations synchrones doivent demeurer en service

Paramètre	Valeur
Tret1	0.6 secondes
Tret2	3 secondes
Tret3	15 minutes
Uret1	0.3 per unit
$Umin_e$	0.8 per unit
$Umax_e$	1.1 per unit
UHVRT	1.2 per unit

- Dans le cas de défauts asymétriques, la tension indiquée dans la Figure 9 correspond à la valeur minimale des trois phases (entre phases ou phase-terre).
- En cas de réenclenchements monophasés, l'installation de production doit rester raccordée et synchronisée pendant la période entre deux creux de tensions, même si seulement deux phases du réseau sont disponibles pendant la période entres les deux creux de tension consécutifs
- En cas d'une tension entre Umaxn définissant la limite supérieure du domaine de fonctionnement normal et UHVRT au point de raccordement, l'installation de production ne doit pas se déconnecter pendant au moins une durée égale à Tret3 (voir Figure 9 ci-dessus).

- Une installation de production est autorisée à se déconnecter immédiatement lors d'une surtension supérieure à UHVRT.
- En cas d'une surtension asymétrique, la tension de la Figure 9 correspond à la valeur maximale des trois phases (ligne-ligne ou ligne-terre).
- Dans le cas de défauts asymétriques, la tension indiquée dans la Figure 9 correspond à la valeur minimale des trois phases (entre phases ou phase-terre).

En cas de défauts multiples consécutifs, l'installation de production doit rester raccordée et synchronisée pendant trois évènements consécutifs pendant 120 secondes.

II.7.4 Exigences vis-à-vis du système de télé-information

Toute installation de production raccordée sur le réseau basse tension de puissance supérieure ou égale à 100kW doit être équipée des équipements de communication adéquats (téléphonie, informatique, messagerie...) permettant d'assurer convenablement des échanges d'information avec le gestionnaire de réseau de distribution.

Des équipements compatibles avec les systèmes de communications et de télé-conduite du gestionnaire de réseau de distribution doivent être installés.

Pour répondre à l'évolution des réseaux, le gestionnaire de réseau a le droit d'imposer les adaptations et/ou réglages nécessaires des équipements de télé-informations des installations du producteur.

II.7.5 Exigences relatives aux systèmes de protection et de découplage

II.7.5.1 Protection de découplage

Toute installation de production à raccorder sur le réseau basse tension doit être dotée d'une protection de découplage et de protection conforme à la norme DIN VDE0126.

II.7.5.2 Synchronisation automatique

L'installation de production sera synchronisée au réseau automatiquement. Dans le cas d'une interruption, l'installation peut être resynchronisée si

- La tension est entre 85%Un et 110%Un pendant 60s et
- La fréquence est entre 47,5Hz et 50,2Hz pendant 60s

Pendant la synchronisation au réseau, la puissance active contrôlable de l'installation de production ne doit pas augmenter avec un gradient qui est plus grand que 25% de Pc (Puissance active crête) par minute.

La synchronisation doit être contrôlée par un dispositif de synchronisation automatique.

II.7.5.3 Mise à la terre

De manière générale, la prise de terre de l'Unité de Production ne doit pas être reliée au neutre du réseau Basse Tension.

L'Unité, en particulier le côté DC, doit être conforme à la norme UTE C 15-712.

II.7.6 Exigences relatives au système de comptage

La mesure de l'énergie injectée par le Producteur sur le réseau Basse Tension du gestionnaire de réseau de distribution sera effectuée au moyen d'un compteur électronique bidirectionnel de classe de précision 2 ou équivalente.

Le système de comptage de l'énergie livrée par le Producteur sur le réseau Basse Tension est fourni et installé par le gestionnaire de réseau au frais du Producteur et devient propriété du gestionnaire de réseau de distribution qui en assure l'entretien. Le système de comptage demeure sous la garde du Producteur, lequel doit s'abstenir d'altérer son fonctionnement ou de le rendre inaccessible aux agents de contrôle du gestionnaire de réseau de distribution.

II.7.7 Qualité d'onde

L'ensemble des exigences techniques mentionnées dans le paragraphe II.5.8 s'appliquent .

II.8 MODIFICATION DE L'INSTALLATION

Le producteur souhaitant se raccorder sur le réseau de distribution ne doit pas entreprendre des modifications de manière qui affecte les caractéristiques dynamiques de la centrale ou les paramètres indiqués lors de la demande de raccordement. Si le producteur souhaite effectuer de telles modifications, il doit avoir l'accord préalable du gestionnaire de réseau.

Sauf indication contraire du gestionnaire de réseau, toute modification entraîne l'application par le producteur du processus de conformité tel que présenté dans II.10 pour démontrer que pour de telles modifications, les exigences techniques sont toujours respectées.

II.9 DEMONSTRATION DE LA CONFORMITE AUX EXIGENCES TECHNIQUES DE RACCORDEMENT

Le producteur doit démontrer la conformité de son installation vis-à-vis des exigences techniques du présent document et ce conformément aux dispositions du processus de conformité (voir section II.10).

Si les performances de l'installation sont en dessous des performances requises pendant la durée de vie de l'installation, le gestionnaire de réseau a le droit d'exiger l'application d'une partie ou la totalité du processus de conformité.

Si, à n'importe quelle phase du processus, le processus de conformité n'est pas terminé ou la conformité aux exigences techniques n'est pas démontrée, le producteur doit alors remédier au problème identifié dans un délai maximal de six mois, ou dans un délai plus long si approuvé par le gestionnaire de réseau. Passé ce délai, le gestionnaire de réseau a le droit de mettre hors service l'installation jusqu'à mise en application des actions nécessaires par le producteur.

II.10 PROCESSUS DE CONFORMITÉ

II.10.1 Cas des installations de production à raccorder sur le réseau MT

Le producteur doit suivre un processus de conformité tel que détaillé ci-dessous. Ceci s'applique avant le raccordement au réseau et tout au long de la durée de vie de l'installation.

II.10.1.1 Phase 1 : Soumission des données de planification

Dans les deux mois suivant la signature du contrat d'achat d'électricité, le producteur doit fournir au gestionnaire de réseau les données standard mentionnées dans l'Annexe 1.4 (partie 2). En outre, le producteur doit fournir toute information supplémentaire pouvant être demandée par le gestionnaire de réseau, nécessaire pour évaluer la demande de raccordement.

II.10.1.2 Phase 2: Etude de conformité

Une fois la conception détaillée de l'installation a été terminée et au moins 6 mois avant la mise sous tension de la première unité de production, le producteur doit fournir toute mise à jour éventuelle des données standard de l'installation et un rapport d'étude de conformité (voir point II.10.1.4). Ces données sont mentionnées dans l'Annexe 1.4 (partie 3). En outre, le producteur doit fournir toute information supplémentaire pouvant être demandée pendant cette phase par le gestionnaire de réseau. Cette information doit être fournie et approuvée par le gestionnaire de réseau avant que l'autorisation de mise sous tension ne soit accordée.

II.10.1.3 Phase 3: Tests de conformité et contrôle en exploitation

Après achèvement des travaux de construction, le producteur doit :

1. Fournir une mise à jour de toutes les informations soumises pendant la ''Phase 1'' et la ''Phase 2''du processus de conformité avec les données « telles qu'installées »

2. Effectuer les tests de conformité suivants (également appelés tests de performance) dans lesquels toutes les réponses dans les domaines temporel et fréquentiel sont enregistrées avec la résolution spécifiée et à un moment où au moins 60% de la capacité maximale de production est disponible :
    - Essai de capacité réactive, y compris le fonctionnement à puissance active maximale et aux valeurs maximales des facteurs de puissance (sous-excitée et surexcitée) pour une période d'une heure chacun (résolution = 1 seconde)
    - Test de réponse en échelon du système de contrôle de tension/contrôle de la puissance réactive et tests des plots du transformateur élévateur.
    - Test du système de contrôle de la fréquence (résolution 100 ms), démontrant la conformité à toutes les exigences en matière de réduction de puissance active en cas de surfréquence et de réglage primaire de la fréquence.
    - Tout autre test qui peut être raisonnablement exigé par le gestionnaire de réseau pour démontrer la conformité aux exigences techniques du présent document.
3. Avant d'effectuer les tests listés ci-dessus, le producteur doit fournir au gestionnaire de réseau pour approbation un planning ainsi qu'une méthodologie d'exécution des tests.
4. Après avoir effectué les tests listés en (2), le producteur doit soumettre un rapport démontrant la conformité de son installation aux exigences techniques. De plus, ce rapport devrait également confirmer l'adéquation du modèle soumis et des paramètres de modélisation.
5. Le gestionnaire de réseau peut appliquer les procédures de conformité de la phase 3 à des parties de l'installation si cela est jugé approprié, par exemple en raison de la taille importante de l'installation ou en raison des longs délais de construction / mise en service.
6. Suite à l'achèvement des essais de contrôle et de mise en service et la vérification du rapport de conformité, le gestionnaire de réseau rédige, conjointement avec le producteur un procès-verbal constatant la conformité de l'installation aux exigences techniques. Ce procès-verbal est signé par les deux parties.
7. Si, au cours de la durée de vie de l'installation, les données fournies dans le cadre de ce processus de conformité ne sont plus valables, le producteur en informera immédiatement le gestionnaire de réseau. L'écart de données doit être résolu dans un délai maximal d'un mois, sauf indication contraire du gestionnaire de réseau.
8. Si le gestionnaire de réseau estime que l'installation n'est plus conforme aux exigences techniques (par exemple, dégradation des performances au cours d'exploitation), il peut exiger la répétition de la totalité ou une partie de la phase 3 du processus de conformité (par exemple, nouvelle soumission des données ou répétition des tests de conformité).
9. Si le gestionnaire de réseau estime en cas de non-conformité que l'installation constitue un danger pour le système électrique ou pour d'autres utilisateurs du réseau, il peut alors déconnecter l'installation électrique sans compensation, jusqu'à ce que le problème puisse être résolu par le producteur.
10. En cas de litiges survenant lors de la procédure de raccordement ou lors du processus de vérification et de contrôle de conformité, les parties s'adresseront aux autorités compétentes visées par les textes réglementaires en vigueur.

II.10.1.4 Rapport des études de conformité

Dans le cadre de la phase 2 du processus de conformité, le producteur doit soumettre plusieurs rapports au gestionnaire de réseau. Ces rapports doivent inclure les données d'entrée utilisées, une analyse complète des résultats de simulation et la confirmation que toutes les exigences techniques sont remplies. Les rapports doivent inclure notamment :

- Informations détaillant les courants de court-circuit au point de raccordement pour des défauts symétriques et asymétriques de niveaux différents au point de raccordement.

- Etude load flow démontrant la conformité de la capacité réactive de la centrale à une valeur de 1 p.u de la tension nominales et aux valeurs limites de la plage de fonctionnement en tension avec la centrale fonctionnant à pleine puissance, à 50% et à 10%.
- Preuve de la capacité de la centrale à fonctionner dans les conditions perturbées de fonctionnement du réseau et à maintenir sa stabilité transitoire. Les hypothèses de fonctionnement de la centrale avant le défaut devraient être les plus appropriées pour mener ce type d'étude. Le modèle utilisé doit être le même que celui fourni au gestionnaire de réseau et inclus dans les données détaillées de l'installation.
- Etude LVRT/HVRT
- Etude de protection

II.10.2 Cas des installations de production à raccorder sur le réseau basse tension

Le producteur doit suivre un processus de conformité tel que détaillé ci-dessous. Ceci s'applique avant le raccordement au réseau et tout au long de la durée de vie de l'installation.

II.10.2.1 Phase 1 : Soumission des données de planification

Dans les deux mois suivant la signature du contrat d'achat d'électricité, le producteur doit fournir au gestionnaire de réseau les données standard mentionnées dans l'Annexe 1.4 (partie 2). En outre, le producteur doit fournir les certificats de conformité aux exigences techniques de raccordement et toute information supplémentaire pouvant être demandée par le gestionnaire de réseau, nécessaire pour évaluer la demande de raccordement.

II.10.2.2 Phase 2 : Tests de mise en service

Après achèvement des travaux de construction, le gestionnaire de réseau procède à la réalisation des tests de mise en service. Suite à l'achèvement des essais de contrôle et de mise en service, le gestionnaire de réseau rédige, conjointement avec le producteur un procès-verbal constatant la conformité de l'installation aux exigences techniques. Ce procès-verbal est signé par les deux parties.

II.10.2.3 Phase 3 : Contrôle de conformité en exploitation

Si, au cours de la durée de vie de l'installation, les données fournies dans le cadre de ce processus de conformité ne sont plus valables, le producteur en informera immédiatement le gestionnaire de réseau. L'écart de données doit être résolu dans un délai maximal d'un mois, sauf indication contraire du gestionnaire de réseau.

Si le gestionnaire de réseau estime que l'installation n'est plus conforme aux exigences techniques (par exemple, dégradation des performances au cours d'exploitation), il peut exiger la répétition de la totalité ou une partie de la phase 3 du processus de conformité (par exemple, nouvelle soumission des données ou répétition des tests de conformité).

Si le gestionnaire de réseau estime en cas de non-conformité que l'installation constitue un danger pour le système électrique ou pour d'autres utilisateurs du réseau, il peut alors déconnecter l'installation électrique sans compensation, jusqu'à ce que le problème puisse être résolu par le producteur.

En cas de litiges survenant lors de la procédure de raccordement ou lors du processus de vérification et de contrôle de conformité, les parties s'adresseront aux autorités compétentes visées par les textes réglementaires en vigueur.

II.11 MISE EN SERVICE

Les essais et les contrôles de conformité s'appliquent aux Installations et aux équipements de tout utilisateur du réseau de distribution à l'effet d'obtenir l'accord du gestionnaire du réseau de se raccorder.

La mise en service des installations d'un utilisateur du réseau de distribution de l'électricité ne peut être autorisée que s'il y a conformité de l'installation.

II.12 EXIGENCES TECHNIQUES POUR LES INSTALLATIONS DES CONSOMMATEURS

Les présentes prescriptions fixent les dispositions que doivent respecter les installations des distributeurs et les installations des consommateurs raccordés au réseau de distribution de l'électricité y compris celles comportant des groupes de production.

II.12.1 Marges admissibles de fonctionnement du réseau de distribution au point de raccordement du consommateur

II.12.1.1 Plages de fonctionnement en fréquence et en tension

Les installations des consommateurs raccordés sur le réseau de distribution doivent être conçues pour accepter les plages de fonctionnement normal ainsi que les régimes perturbés en fréquence et en tension qui peuvent exister lors des situations exceptionnelles de réseau. Ces plages de fonctionnement en fréquence et en tension sont telles que mentionnés dans la section II.5.1.

II.12.1.2 Courant de court-circuit

Le réseau de distribution de l'électricité est conçu et exploité pour supporter les niveaux des courants de court-circuit mentionné dans le Tableau 7 suivant :

Tableau 7 Valeurs de courant de court-circuit maximal par niveau de tension

Tension nominale	Courant de court-circuit maximal
35 kV	**25 kA**
20 kV	**25 kA**
230/400 V	**10 kA**

II.12.1.3 Point de raccordement

Le point de raccordement de l'installation d'un consommateur est matérialisé par le sectionneur d'isolement du transformateur de puissance alimentant le réseau du consommateur. Ce sectionneur fait partie de l'installation du réseau de distribution de l'électricité.

Le raccordement d'une installation d'un consommateur est constitué d'une ou plusieurs liaisons.

L'installation du consommateur doit comporter un disjoncteur situé en aval du point de raccordement au réseau de distribution de l'Electricité.

II.12.1.4 Circuits de raccordement

Les installations des consommateurs raccordés sur le réseau de distribution doivent être dotées d'un :

- Système de protection qui élimine tout défaut d'isolement au sein de leurs installations susceptibles de créer une surintensité ou une dégradation de la qualité de l'électricité sur le réseau de distribution de l'électricité. Ce dispositif doit aussi être capable d'éliminer tout apport de courant de court-circuit émanant de l'installation lors de l'occurrence d'un défaut d'isolement sur la liaison de raccordement et sur le jeu de barres du réseau de distribution. Le consommateur raccordé au réseau de distribution de l'électricité est tenu de fournir un dossier décrivant les dispositions retenues pour la conception et la réalisation du système de protection de leurs installations ainsi que les conditions de mise en service, d'exploitation et de maintenance curative, préventive et évolutive de ce système.
- Automates permettant un délestage sélectif de charges en cas de baisse excessive de la fréquence et/ou de la tension.

- Équipement de communication (téléphonie, informatique, messagerie...) permettant d'assurer convenablement des échanges d'information avec le gestionnaire de réseau de distribution. Des équipements spécifiques compatibles avec les systèmes de communications et télé conduite du gestionnaire du réseau de distribution doivent être installés.
- Un dispositif de comptage de l'énergie active et de l'énergie réactive éventuellement avec une période d'intégration réglable et d'un dispositif d'enregistrement de la puissance active. Les compteurs et réducteurs de mesures doivent être de classe de précision égale à 0,2s et conformes aux normes et à la réglementation en vigueur. Le système de comptage doit disposer de toutes les fonctions exigées pour une exploitation aussi bien en local qu'à distance.

II.12.1.5 Prescriptions techniques de fonctionnement

Les consommateurs raccordés au réseau de distribution de l'électricité doivent prendre les dispositions adéquates afin qu'en régime normal d'exploitation le facteur de puissance (cos phi) soit supérieur ou égal à 0.9.

Les perturbations produites par leurs installations, mesurées au point de livraison du réseau de distribution de l'électricité ne doivent pas excéder les valeurs limites données ci- dessous :

- Flicker (Papillotement) : Les fluctuations de tension engendrées par l'installation du consommateur doivent rester à un niveau tel que le Pst mesuré au point de livraison reste inférieur à 1.
- Déséquilibre : Le consommateur raccordé au réseau de distribution doit prendre toutes les dispositions pour que le déséquilibre provoqué par son installation n'atteigne pas un taux de 1 %.
- Harmoniques : Les tensions harmoniques générées par les installations du consommateur sur le réseau de distribution de l'Electricité doivent être inférieures ou égales à :
    - Par harmonique : Uh/Un inférieure ou égale à 1.5%
    - Taux de distorsion global : inférieur ou égal à 5%.

III. Code d'exploitation

III.1 OBJET

Ce chapitre spécifie les procédures et les règles d'exploitation du réseau de distribution afin d'assurer un fonctionnement stable et une qualité d'alimentation pour les utilisateurs du réseau. Il spécifie également les relations qui existent entre les différents utilisateurs du réseau de distribution.

La mission d'exploitation du système électrique est confiée aux gestionnaires de réseaux de distribution.

III.2 CHAMP D'APPLICATION

Ce chapitre s'applique au :

- Gestionnaires de réseaux de distribution et bureaux centraux de conduite
- Les producteurs
- Les installations des consommateurs

III.3 PROCÉDURES D'EXPLOITATION

Toute installation raccordée sur le réseau de distribution sera exploitée et entretenue en conformité avec :

- Les pratiques d'exploitation du réseau de distribution ;
- Les instructions du gestionnaire de réseau de distribution ;
- Le programme de Livraison - Maintenance préventive convenu entre le gestionnaire de réseau de distribution et le producteur ;
- Les Standards d'Exécution.
- Les exigences techniques applicables à l'installation

III.4 CONDUITE DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION

Le gestionnaire de réseau de distribution est chargé de contrôler et d'assurer en temps réel la sécurité du système électrique de manière à maintenir l'équilibre de l'offre-demande et de garantir l'alimentation électrique dans les conditions de sécurité, de fiabilité et d'efficacité requises.

En cas de situation d'urgence, le gestionnaire de réseau de distribution met en place les procédures d'exploitation en concertation avec les producteurs et les utilisateurs de réseau afin de préserver la stabilité du réseau.

Le gestionnaire de réseau de distribution doit entreprendre toute action qu'il juge nécessaire pour faire face à une situation d'urgence.

Toutes les instructions et actions entreprises par le gestionnaire de réseau de distribution doivent être prioritaires.

En cas de situation entrainant la perte partielle ou totale de l'alimentation, le gestionnaire de réseau de distribution coordonnera la reprise du réseau conjointement avec les producteurs et les utilisateurs du réseau, conformément au plan de reconstitution du réseau. L'opération de reconstitution est dirigée par le gestionnaire de réseau de distribution qui donnera les instructions nécessaires en vue de remettre en état le réseau de distribution dans les meilleures conditions de sécurité et dans les plus brefs délais.

III.5 PROGRAMME DE MAINTENANCE

III.5.1 Programme prévisionnel de maintenance

Le gestionnaire de réseau de distribution, en collaboration avec les Producteurs, arrête annuellement, après étude, un programme d'entretien des groupes de production d'électricité consigné dans un procès-verbal précisant les dates d'arrêt et de recouplage.

Le programme d'entretien des groupes de production d'électricité ne doit pas affecter la satisfaction de la demande d'électricité et la fiabilité du réseau de distribution.

En cas de problème de satisfaction de la demande d'électricité, le gestionnaire de réseau de distribution peut, en coordination avec les Producteurs, réaménager et/ou modifier le programme d'arrêt pour entretien des groupes de production d'électricité.

Les Producteurs ont l'obligation de notifier chaque année au gestionnaire de réseau de distribution le programme d'arrêt pour entretien de l'année N+1 de leurs groupes de production d'électricité. La date de notification ainsi que la description du contenu du programme d'arrêt sont déterminées par le gestionnaire de réseau de distribution.

En cas de désaccord entre le gestionnaire de réseau de distribution et un ou plusieurs Producteurs sur le programme d'arrêt pour entretien des groupes de production d'électricité ou de son réaménagement, le gestionnaire de réseau de distribution saisit les autorités compétentes.

III.5.2 Arrêts non programmés

Les Producteurs peuvent formuler au minimum une semaine à l'avance au gestionnaire de réseau de distribution des demandes d'arrêt pour entretien non programmé des groupes de production d'électricité.

Une réponse doit être notifiée dans les 48 heures au maximum au Producteur par le gestionnaire de réseau de distribution après étude de la situation du réseau de distribution et de l'impact de l'arrêt pour entretien non programmé. En cas d'apparition de contraintes pour la couverture de la demande, le gestionnaire de réseau de distribution peut proposer au Producteur une anticipation ou un différé de la période d'arrêt.

III.5.3 Arrêts d'urgence

En cas d'arrêt d'urgence de groupe de production d'électricité par le Producteur, celui-ci informe immédiatement le gestionnaire de réseau de distribution qui prendra les dispositions nécessaires pour préserver le fonctionnement stable du réseau.

III.6 RÔLE DES UTILISATEURS

III.6.1 Rôle du gestionnaire de réseau de distribution

Le gestionnaire de réseau de distribution a pour mission :

- D'assurer l'exploitation et l'entretien des ouvrages du réseau de distribution
- D'assurer la maintenance, le renouvellement et le déclassement des ouvrages du réseau de distribution.
- D'assurer le développement du réseau de distribution.
- De coordonner en temps réel, en toutes circonstances, l'utilisation des installations de production d'électricité en fonction de la consommation.
- D'assurer le fonctionnement normal du réseau de distribution avec une meilleure qualité de fourniture de l'électricité.
- De rétablir le réseau de distribution en cas d'interruption.

- De maîtriser la sûreté de fonctionnement du réseau de distribution, et ce, en limitant :
    - Les risques d'incidents.
    - Les conséquences d'un éventuel grand incident (Black-out).

III.6.2 Rôle des installations de production

Les producteurs doivent :

- Exploiter les unités de production.
- Coordonner avec le gestionnaire de réseau la planification des arrêts des installations de production.
- Les installations de production qui ont la capacité doivent, contribuer aux services auxiliaires

III.6.3 Rôle des installations des consommateurs

Les consommateurs doivent se coordonner avec :

- Le gestionnaire de réseau pour l'exploitation et la maintenance des ouvrages de raccordement,
- Le gestionnaire de réseau de distribution pour l'établissement, l'exploitation et la maintenance du plan de défense.

ANNEXES

Annexe 1. Données standard de planification du réseau de distribution

1. Données de la demande

   - Historiques d'énergie et de puissance

   L'utilisateur doit fournir au gestionnaire de réseau sa consommation mensuelle en énergie et puissance de l'année précédente pour chaque point de raccordement.

   L'utilisateur doit aussi fournir au gestionnaire de réseau le profile horaire de charge pour des jours types de la semaine : jours ouvrables, Week End et jours fériés.

   - Données Relatives à la prévision de la demande

   Les données relatives à la demande et ce, année par année jusqu'à l'horizon de l'étude à venir doivent être fournies au gestionnaire de réseau, ces données concernent :

   - Prévision de la demande nationale en termes d'énergie et de puissance, ou idéalement répartition horaire de la charge prévue
   - Prévision des charges soutirées maximales pour les postes de consommation, existants et planifiés
   - La liste des consommateurs raccordés sur le réseau de distribution ainsi que leurs prévisions de charge
   - Localisation géographique des postes de consommation existants ou à projeter

2. Données relatives au parc de production

   - Liste des groupes de production candidats : Les données des groupes de production existants et planifiés année par année jusqu'à l'horizon cible de l'étude sont :
     - Sites proposés et technologie
     - Données économiques (rendement ou consommation spécifique)
     - Capacité maximale produite (MW)
     - Capacité nominale (MW)
     - Minimum technique pour une production stable (MW)
     - Capacité réactive en absorption et en fourniture (ou diagramme P/Q)
     - Tension nominale (kV)
     - Type de groupe et mode de fonctionnement prévu
     - Réactance synchrone, transitoire, sub-transitoire directe (en %)
     - Tension, capacité nominale, mise à la terre et impédance du transformateur de groupe.

   N.B. : Si le groupe de production d'électricité est connecté au Réseau de distribution de l'Electricité à un point de raccordement avec une configuration du jeu de barres qui est ou pourrait être exploité en sections séparées, la section de barres à laquelle est raccordé chaque groupe de production d'électricité doit être identifiée.

   Plusieurs autres données relatives à la production peuvent être fournies le cas échéant :

   - Données des centrales existantes
   - Programme de déclassement des unités de production vétustes

3. Données relatives au réseau de distribution

- Topologie du réseau existant et données des équipements existants
    - Données des liaisons MT (type ligne ou câble, tension et capacité nominale, longueur, caractéristiques électriques)
    - Données des postes sources HT/MT et MT/BT (Tension et localisation)
    - Données des transformateurs HT/MT et MT/BT (Tension et capacité nominale, réactance de court-circuit, type de mise à la terre, couplage)
    - Données des charges (puissance active et réactive)
    - Données des réactances et batteries de condensateurs
- Les données technico-économiques des équipements de distribution (coût, durée de vie)
- Les prévisions de charge dans les postes existants,
- Les prévisions de charge dans les nouveaux postes,
- Faisabilité d'extensions des postes existants
- Le plan de protection en vigueur.
- Le planning de déclassement des ouvrages du réseau de distribution,

Annexe 2. Données détaillées de planification du réseau de distribution

1. Paramètres des alternateurs

Tableau 8 Paramètres des alternateurs et constantes de temps du générateur

Description	Composant	Unité
Réactance directe synchrone	Xd	%
Réactance directe transitoire à la saturation	X'd sat	%
Réactance directe transitoire non saturée	X'd non sat	%
Réactance Sub transitoire non saturée	X''d = X''q	%
Réactance synchrone sur l'axe q	Xq	%
Réactance transitoire non saturée sur l'axe q	X'q non sat	%
Réactance synchrone inverse	X inv	%
Réactance synchrone homopolaire	X0	%
Constante d'inertie Turbine et générateur (masse tournante entière)	H	MW*Sec/MVA
Résistance Statorique	Ra	%
Réactance de fuite Statorique	XL	%
Réactance de Poitier	Xp	%

Constantes de temps du générateur	Composant	Unité
Constante de temps transitoire axe Direct Circuit ouvert	Td0'	Sec
Constante de temps sub transitoire Axe Direct Circuit ouvert	Td0''	Sec
Constante de temps Transitoire Axe quadrature Circuit ouvert	Tq0'	Sec
Constante de temps Sub Transitoire Axe quadrature Circuit ouvert	Tq0''	Sec
Constante de temps Transitoire en court-circuit Axe Direct	Td'	Sec
Constante de temps Sub Transitoire en court-circuit Axe Direct	Td''	Sec
Constante de temps Transitoire en court-circuit Axe quadrature	Tq'	Sec
Constante de temps Sub Transitoire en court-circuit Axe quadrature	Tq''	Sec

2. Transformateur groupes de production d'électricité ou élévateur

Tableau 9 Données de transformateurs des groupes

Description	Composant	Unité
Nombre d'enroulement		Nombre
Courant nominal de chaque enroulement		A
Puissance apparente nominale du transformateur		MVA
Tension nominale côté secondaire du transformateur		kV
Tension nominale côté primaire du transformateur		kV
Rapport de transformation à toutes les positions du régleur		
Impédance transformateur (R + jX) à toutes les positions du régleur		%
Impédance homopolaire du transformateur à la position nominale		Ohm
Résistance et réactance de mise à la terre du neutre		Ohm
Type de circuit magnétique		Graphe
Caractéristique à vide		Diagramme

3. Système d'excitation et régulation de tension

Le Producteur doit fournir le schéma bloc diagramme du système d'excitation conformément aux modèles d'excitation standard IEEE ou comme convenu avec la JIRAMA contenant les spécifications complètes de toutes les constantes de temps et des gains pour décrire entièrement la fonction de transfert du système d'excitation.

Les données à fournir par le Producteur concernent notamment :

- Gain de la boucle d'excitation ;
- Tension nominale d'excitation ;
- Tension maximale d'excitation ;
- Tension minimale d'excitation ;
- Vitesse maximale de variation de la tension d'excitation (en montée ou en baisse) ;
- Détails de la boucle d'excitation avec diagramme montrant les fonctions de transfert de chaque élément du système d'excitation ;
- Caractéristique dynamique du limiteur en sur excitation ;
- Caractéristique dynamique du limiteur en sous excitation ;

En plus des données ci-dessus, le producteur doit fournir le schéma block diagramme et les données détaillées du système de stabilisation de puissance (PSS).

4. Système de régulation de vitesse

Le Producteur fournit le schéma bloc diagramme du système de régulation de vitesse conformément aux modèles standard IEEE ou comme convenu avec le gestionnaire du réseau de distribution pour les groupes thermiques et hydrauliques avec les spécifications complètes de toutes les constantes de temps et des gains pour décrire entièrement la fonction de transfert du système de régulation.

5. Appareil de contrôle et relais de protection

   Le Producteur fournit le schéma bloc diagramme pour tous les appareils de contrôle (y compris ceux des stabilisateurs) ou relais spéciaux de protection du groupe de production d'électricité qui ont un effet sur son fonctionnement.

6. Données relatives aux installations solaires

   Les données que doivent fournir les producteurs exploitant des installations solaires sont détaillées dans le Tableau 10 ci-dessous :

Tableau 10 Données des centrales solaires

Description	Unité
Données générales de la centrale (adresse du producteur, emplacement de la centrale et du point de raccordement)	Texte
Puissance active et apparente nominale au point de raccordement	MW
Tension nominale au point de raccordement	kV
Schéma électrique d'ensemble	Schéma
Modèle de l'onduleur validé par les essais pour les études load flow et les études de stabilité transitoire	
Modèle de la centrale basé sur les modèles validés des unités y inclus tous les composants internes (câbles, transformateurs, onduleurs…)	Schéma
Vitesse maximale/minimale de variation de la puissance active	MW/min
Données du transformateur élévateur	Texte
Description des onduleurs (nombre, type, facteur de puissance, plages de tension, plages de températures, indice de protection IP)	Texte
Puissance consommée par les auxiliaires de la centrale	MW
Description des boucles de régulation (de la puissance active, du facteur de puissance ou de la tension)	Schéma
Diagramme P-Q	Schéma
Modèle équivalent de la centrale et de l'unité (onduleur) pour les études fréquentielles	Schéma
Courant de court-circuit maximal calculé conformément à la norme CEI-60909	kA
Liste des dispositifs de protection avec paramètres de réglage	Texte
Déclaration de conformité aux directives européennes BT et CEM	Texte
Taux de distorsions harmoniques par rang (jusqu`à rang 50) et taux global THDi et coefficient Flicker par groupe en régime de fonctionnement continu	
Date prévue de mise en service	Texte

7. Données relatives aux installations éoliennes

Les données que doivent fournir les producteurs exploitant des installations éoliennes sont détaillées dans le Tableau 11 ci-dessous

Tableau 11 Données des centrales éoliennes

Description	Unité
Données générales de la centrale (adresse du producteur, emplacement de la centrale et du point de raccordement)	Texte
Puissance active et apparente nominale au point de raccordement	MW
Tension nominale au point de raccordement	kV
Schéma électrique d'ensemble	Schéma
Modèle de la turbine validé par les essais pour les études load flow et les études de stabilité transitoire	
Modèle de la centrale basé sur les modèles validés des unités y inclus tous les composants internes (câbles, transformateurs, turbines…)	Schéma
Vitesse maximale/minimale de variation de la puissance active	MW/min
Données du transformateur élévateur	Texte
Description des turbines (nombre, type, facteur de puissance, plages de tension, plages de températures, indice de protection IP)	Texte
Puissance consommée par les auxiliaires de la centrale	MW
Description des boucles de régulation (de la puissance active, du facteur de puissance ou de la tension)	Schéma
Diagramme P-Q	Schéma
Modèle équivalent de la centrale et de l'unité pour les études fréquentielles	Schéma
Courant de court-circuit maximal calculé conformément à la norme CEI-60909	kA
Liste des dispositifs de protection avec paramètres de réglage	Texte
Taux de distorsions harmoniques par rang (jusqu`à rang 50) et taux global THDi et coefficient Flicker par groupe en régime de fonctionnement continu selon la norme CEI 61400	
Nombre maximal des opérations de commutations dans un intervalle de 10 minutes	
Nombre maximal des opérations de commutations dans un intervalle de 2 heures	
Date prévue de mise en service	Texte

Annexe 3. Données des études de raccordement

Les données nécessaires pour la réalisation des études de raccordement sont comme suit

- Les coordonnées du site projeté de l'installation et la technologie (thermique, hydraulique, solaire PV, éolien, …).
- Puissance active et réactive nominale de l'installation.
- Date approximative de raccordement sur le réseau.

Annexe 1.4 Données des études de conformités

1. Données soumises par le gestionnaire de réseau

   Ces données sont soumises par le gestionnaire de réseau au producteur afin de réaliser les études de conformité et sont :

   - La puissance de court-circuit minimale
   - Rapport X/R
   - La limite individuelle des distorsions harmoniques de tension.

2. Données standards de l'installation

   Les données standards de l'installation sont à fournir par le producteur au gestionnaire de réseau dans la phase 1 du processus de conformité.

   Les données standards de l'installation incluent :

   - Nom de la centrale
   - Carte topographique à une échelle de 1/50000 ou à toute échelle appropriée démontrant les limites des installations et ses ouvrages
   - Combustible principal de la centrale
   - Capacité totale installée de la centrale (MVA & MW & facteur de puissance)
   - Nombre d'unités de production et capacité nominale de chacune des unités (MVA & MW & facteur de puissance)
   - Schéma électrique unifilaire montrant toutes les installations électriques principales, y compris (à titre indicatif) :
     - Jeux de barres (tension nominale comprise)
     - Câbles (incluant le type et la longueur du conducteur)
     - Lignes aériennes (incluant le type et la longueur du conducteur)
     - Génératrices (y compris les valeurs nominales en MVA, les valeurs du facteur de puissance et de la tension aux bornes des génératrices)
     - Transformateurs (y compris les connexions de mise à la terre)
     - Les transformateurs de courant, transformateurs de tensions
     - Disjoncteurs, sectionneurs
     - Dispositifs de compensation de réactif
     - Parafoudres
     - Transformateurs de mise à la terre (y inclus les impédance)
   - Diagramme PQ démontrant la capacité réactive de la centrale au point de raccordement
   - Durée maximale de fonctionnement de tout l'équipement

3. Données détaillées de l'installation pour les études de conformités

Les données détaillées de l'installation sont à fournir par le producteur au gestionnaire de réseau pendant la phase 2 du processus de conformité.

Les données détaillées de l'installation incluent la mise à jour des données soumises lors de la phase 1 (conception finale de l'installation) :

Ces données incluent :

- Capacité totale installée de la centrale (MVA & MW & facteur de puissance)
- Nombre d'unités de production et capacité nominale de chacune des unités (MVA & MW & facteur de puissance)
- Schéma électrique unifilaire montrant toutes les installations électriques principales, y compris (à titre indicatif) :
    - Jeux de barres (tension nominale comprise)
    - Câbles (incluant le type et la longueur du conducteur)
    - Lignes aériennes (incluant le type et la longueur du conducteur)
    - Génératrices (y compris les valeurs nominales en MVA, les valeurs du facteur de puissance et de la tension aux bornes des génératrices)
    - Transformateurs (y compris les connexions de mise à la terre)
    - Les transformateurs de courant, transformateurs de tensions
    - Disjoncteurs, sectionneurs
    - Dispositifs de compensation de réactif
    - Parafoudres
    - Transformateurs de mise à la terre (y inclus les impédances)
- Charge maximale et moyenne de l'installation (par exemple charges auxiliaires et autres consommations du site)

En plus les données suivantes doivent être fournies :

- *Pour les machines synchrones :*
    - Minimum technique : Puissance d'exploitation minimale stable au point de raccordement (MW)
    - Minimum technique de chaque unité de production (MW)
    - Temps minimum pour la synchronisation
    - Tension maximale du système d'excitation
    - Valeurs du courant nominal en fonctionnement continu et valeur du courant de court-circuit de tous les équipements de commutation contenus dans le schéma unifilaire
    - Modèle dynamique approprié et précis de l'installation intégrant les modèles des systèmes de régulation dans un format à convenir avec le gestionnaire de réseau (incluant les unités de production et toute autre installation de compensation réactive dynamique) afin d'évaluer l'impact de la centrale sur les performances dynamiques, la sécurité et la stabilité du système électrique. Le modèle requis doit avoir les caractéristiques suivantes :
        - Convient aux simulations RMS et fonctionnant généralement avec un pas de temps de 1 à 10 ms
        - Convient aux conditions symétriques et asymétriques de réseau
        - Transformable en un modèle agrégé de la centrale électrique

- Être validée par rapport aux mesures, dans la mesure du possible
- Devrait représenter adéquatement ce qui suit :
  - ✓ Réponse lors de grandes perturbations (stabilité transitoire)
  - ✓ Capacité de résistance aux perturbations externes
  - ✓ Récupération de la puissance active suite à un défaut
  - ✓ Réponse suite des petites perturbations (stabilité oscillatoire)
  - ✓ Caractéristiques de contrôle de la tension et de la puissance réactive
  - ✓ Caractéristiques de la réponse en fréquence

- *Pour les machines non-synchrones :*
  - Modèle dynamique de chaque unité de production (onduleur/turbine)
  - Le modèle sous format Thevenin de l'installation qui fournit au Gestionnaire de réseau les valeurs de courant et impédances harmoniques.