Conditions techniques de raccordement au réseau public BT ou HTA des installations de production autonome d'énergie électrique

Technical conditions for connecting autonomous power stations to the French grid

par C. Schmerber
Sogeco Hydroénergie

Technical rules for connecting a private power station to the french grid with a voltage level up to 50 kV were defined. These rules are applicable for a new power station since mai 1995.

I ■ INTRODUCTION

Les conditions techniques exposées ci-dessous ont pour objet de limiter les perturbations provoquées par les installations de production dans l'exploitation du réseau auquel elles sont raccordées.

II ■ TENSION DE RACCORDEMENT, INTENSITÉ MAXIMALE ET IMPÉDANCE DES LIGNES ÉLECTRIQUES

● 2.1 Tension de raccordement

La tension de raccordement est déterminée en fonction de la puissance de l'installation de production autonome selon les correspondances indiquées dans le tableau 1.

● 2.2 Intensité maximale et impédance des lignes électriques

Les valeurs indiquées dans le tableau 2 sont des valeurs usuelles qui peuvent être éventuellement modifiées dans le cas de conditions de pose particulières ou en fonction des hypothèses adoptées pour le dimensionnement de la ligne considérée.

Dans les situations de charge du réseau correspondant aux périodes de fonctionnement de l'installation de production, les intensités en ligne doivent être inférieures ou égales aux limites indiquées en 3ème colonne.

● 2.3 Puissance maximale théoriquement raccordable (calculée avec des Pcc en HTB de 5000 MVA en 225 kV, 650 MVA en 90 kV et 500 MVA en 60 kV)

Les puissances maximales raccordables sont indiquées dans les tableaux 3 et 4.

III ■ MODIFICATIONS DE LA TENSION DU RÉSEAU DU FAIT D'UNE INSTALLATION DE PRODUCTION

● 3.1. Fluctuations rapides

L'à-coup de tension lors du couplage, sur le départ, ne doit pas dépasser 5% pendant plus de 0,5 s et ne doit pas faire déclencher le disjoncteur de départ au poste source.

Dans le cas des machines synchrones le couplage doit se faire au synchronisme avec des écarts maximaux de 10% en tension, 0,1 Hz en fréquence et 10° en phase.

Dans le cas de génératrices asynchrones, il faut limiter le

Tableau 1 : Correspondances puissance - tensions de raccordement.

Puissance maximale délivrée sur le réseau	Tension de raccordement	Seuils de tension
$P \leq 250 \text{ kVA}$	BT ou HTA	$50 \leq \text{BT} < 1000$
$P < 10 \text{ MW}$	HTA	$1000 \leq \text{HTA} < 50000$
$10 \text{ MW} \leq P < 40 \text{ MW}$	HTB < 225 kV	$50000 \leq \text{HTB} < 130000$
$P \leq 40 \text{ MW}$	HTB 225 kV	$130000 \leq \text{HTB} < 350000$

Nature	Section (mm ²)	Intensité max. permanente (A)	Résistance linéique (Ohms/km)	Réactance linéique (Ohms/km)
Lignes nues	22	152	0,83	0,35
Aériennes	29,3	182	0,63	0,35
Cuivre	38,2	213	0,486	0,35
Basse tension	48,3	243	0,384	0,35
Faisceaux torsadés	50	205	0,641	0,1
Aluminium	70	240	0,50	0,1
Basse tension	150	375	0,206	0,1
Câbles souterrains		(hiver)		
aluminium	50	205	0,641	0,1
	95	290	0,320	0,1
Basse tension	150	375	0,206	0,1
	240	485	0,125	0,1
Lignes nues	34,4	145	0,96	0,36
Aériennes	54,6	190	0,6	0,36
Almelec	75,5	240	0,44	0,36
Moyenne tension	117	315	0,28	0,36
	148	365	0,224	0,36
	228	480	0,146	0,36
	288	525	0,115	0,36
Lignes nues	37,7	130	1,176	0,36
Aériennes	59,7	135	0,882	0,36
Alu-acier	75,5	175	0,697	0,36
Moyenne tension	116,2	300	0,59	0,36
Phlox	147,1	345	0,467	0,36
	228	460	0,3	0,36
	288	525	0,238	0,36
Pastel	147,1	345	0,279	0,36
	228	460	0,18	0,36
	288	525	0,142	0,36
Câbles souterrains		(hiver)		
aluminium	50	205	0,64	0,13
	95	290	0,32	0,13
moyenne tension	150	375	0,21	0,13
	240	485	0,125	0,13

Tableau 2 : Intensité maximale et impédance des lignes électriques.

glissement au couplage par une mesure de vitesse ou de fréquence rémanente précise et ou insérer des résistances et coupler en deux temps. La variation de tension doit rester inférieure à 6%.

Dans tous les cas les vitesses de prise de charge ainsi que de cessation de charge ne doivent pas dépasser 4 MW/mn (indépendamment de tout cas de découplage sur défaut ou de tout autre arrêt d'urgence).

L'amplitude et la fréquence des à-coups et des fluctuations rapides de tension engendrées par l'installation de production au point de livraison doivent être en permanence inférieures ou égales aux valeurs délimitées par la courbe amplitude-fré-

quence de la norme CEI 1000-2-2 avec une sévérité de papillotement à court terme (Pst) égal à 1.

● 3.2 Fluctuations lentes

Pour effectuer les vérifications évoquées dans ce chapitre, les variations de tension peuvent être calculées avec la formule $\Delta U/U = (RP + XQ)/U^2$, P et Q étant les puissances actives et réactives appelées par les clients (positives) ou fournies par le producteur (négatives), R et X les résistance et réactance longitudinales de la ligne ; une élévation de tension correspond à : $\Delta U/U < 0$; une diminution correspond à : $\Delta U/U > 0$.

POSTE HTB/HTA			PUISSANCE MAXIMALE RACCORDABLE (MVA)					
Tension (kV)	Puissance habituelle (MVA)	Cas spéciaux	Pour ne pas dépasser la PCC assignée du matériel HTA		Sur départ dédié sans utiliser de protections directionnelles			
					Protection du départ		Protection du groupe	
			Ic = 8 kA	Ic = 12,5 kA	A 0 km	A 15 km	A 0 km	A 15 km
225/20	100	Self 0,7	-	40	34	23	34	18
	100	Self 1,3	17	65	25	19	25	16
	70		-	10	39	31	39	20
	70	Self 0,7	8	55	28	20	28	17
	40		12	59	25	19	25	16
	2 x 40		12	59	25	19	25	16
90/20	36		25	72	20	16	20	14
	30		22	70	21	17	21	14
	20		35	82	17	14	17	12
	15		45	91	15	12	15	10
	10		51	98	11	10	11	9
	7,5		53	100	11	9	11	9
63/20	36		30	77	20	16	20	14
	30		26	74	21	17	21	14
	20		39	84	17	14	17	12
	10		54	100	11	10	11	9
	5		60	105	9	8	9	7
225/15	100	Self 0,7	-	40	26	16	26	12
	100	Self 1,3	23	70	18	12	18	10
	70	Self 0,7	5	52	22	15	22	11
	40		-	35	25	16	25	11
90/15	36		7	54	20	14	20	10
	30		6	52	21	14	21	11
	20		20	65	17	12	17	10
	15		34	81	15	10	15	8
	10		40	87	11	9	11	8
	7,5		44	91	11	9	11	7
63/15	36		11	59	20	14	20	10
	30		12	59	21	14	21	11
	20		26	73	17	12	17	10
	10		44	90	11	9	11	8
	5		53	100	9	7	9	7

Tableau 3 : Puissance maximale théorique raccordable en fonction des tensions/puissances.

Note : la puissance traversante n'est pas prise en compte pour établir ce tableau, elle ne doit pas dépasser la puissance nominale du transformateur HTB/HTA

La charge minimale du réseau est prise égale à un cinquième de la charge maximale du réseau si sa valeur réelle n'est pas connue.

Dans le cas d'un raccordement en basse tension, il faut vérifier que la tension du réseau BT peut être maintenue dans la plage 230 V -10% à +6% en tous les points où un client BT est raccordé au même transformateur HTA/BT.

Dans le cas d'un raccordement en HTA, la tension du réseau doit être maintenue dans la plage -5% à +5% par rapport à la tension contractuelle (en général 20 kV).

Les centrales dont la puissance installée dépasse 10 MVA doivent être équipées d'une régulation de tension agissant dans les limites de réglage de la production et de l'absorption de puissance réactive de celle-ci.

IV ■ FONCTIONNEMENT DE LA TRANSMISSION DES SIGNAUX

Le producteur ne doit pas perturber le fonctionnement de la transmission des signaux à 175 Hz ou une autre fréquence proche.

Après étude technique fournie par le distributeur le producteur peut choisir si nécessaire :

- soit d'équiper sa centrale d'un filtre actif série correspondant à la fréquence ou aux fréquences des signaux,
- soit d'équiper sa centrale d'un circuit bouchon passif correspondant à la fréquence ou aux fréquences des signaux,
- soit de raccorder sa centrale au poste HTB/HTA sur un jeu de barres HTA spécial " producteur " situé à l'amont des transformateurs d'injection des signaux.

● 4.1 Vérification du fonctionnement de la télécommande à 175 Hz

4.1.1 Raccordement en basse tension

Si la puissance des installations de production à raccorder en ligne au même transformateur HTA/BT ne dépasse pas 40% de la puissance de ce transformateur, le raccordement est possible. Sinon, les nouvelles installations doivent être raccordées directement à ce transformateur HTA/BT ou à un autre.

4.1.2 Raccordement en haute tension

Il n'y a pas lieu de procéder à une vérification de la bonne transmission des signaux de télécommande si la puissance totale des installations raccordées à ce poste est inférieure ou égale à 5% de la puissance du ou des n-1 transformateurs de plus faible puissance du poste.

Dans tous les autres cas le calcul devra être effectué. On désignera respectivement par τ_{am} et τ_{av} les taux 175 Hz amont et aval calculés sur le réseau.

Tous les calculs des taux considérés seront effectués dans la situation suivante :

- la puissance de court-circuit amont correspond à un niveau d'alimentation du poste source en situation peu fréquente (quelques semaines par an) et où l'un des transformateurs H.T.B./H.T.A. du poste source est déconnecté (s'il y en a plus d'un).
- le réseau H.T.A. sera chargé à sa charge maximale P_{cons} avec une $tg \phi = 0,4$. Le réseau H.T.A. sera dans son schéma normal.
- les batteries de condensateurs du poste source seront supposées non connectées.
- l'ensemble des consommateurs sera modélisé par une impédance ramenée au poste source calculée par la formule donnée dans le bulletin *Electra* n° 77 :

X_s en série avec R_s , le tout en parallèle avec X_p

$$R_s = U^2/P$$

$$X_s = 0,073 \times R_s \times (175/50)$$

$$X_p = [(175/50) \times R_s] / (6,7 \times tg\phi - 0,74)$$

- la réactance X_g des groupes du producteur sera la réactance inverse multiplié par 175/50
- les réactances des lignes aériennes seront prises égales à 0,36 Ω/km et celles des lignes souterraines à 0,13 Ω/km (à multiplier par 175/50).
- les résistances des câbles, des transformateurs, des lignes et des groupes seront négligées, leur influence est négligeable ou de second ordre sur les résultats.
- le taux d'injection du 175 Hz est pris à sa valeur théorique de 2,3%.

Lorsque les taux du signal 175 Hz avant raccordement sont tels que $\tau_{am} \leq 0,4 \%$ et $\tau_{av} \geq 1,4\%$.

Si les nouveaux taux calculés en prenant en compte l'installation de production autonome respectent les limites suivantes : taux amont $\leq (0,4 + 0,03)\%$ et Taux aval $\geq (1,4 - 0,03)\%$ alors le raccordement sans dispositif spécifique de protection de la transmission tarifaire sera accepté.

Lorsque les taux du signal 175 Hz avant raccordement sont tels que $\tau_{am} > 0,4 \%$ et $\tau_{av} < 1,4 \%$, si les nouveaux taux calculés en tenant compte de l'installation de production autonome respectent les limites suivantes : Taux amont $\leq \tau_{am} + 0,03\%$ et Taux aval $\geq \tau_{av} - 0,03\%$, alors le raccordement sans dispositif spécifique de protection de la transmis-

sion tarifaire sera accepté.

Sinon, il faut refaire le calcul en intégrant dans la nouvelle installation un circuit bouchon dont les caractéristiques sont données par le producteur au distributeur.

Si les nouveaux taux calculés avec le circuit bouchon respectent les limites précédentes, alors le raccordement avec ce circuit bouchon sera accepté.

Si les nouveaux taux calculés avec le circuit bouchon ne respectent pas ces limites, le raccordement à l'amont des transformateurs d'injection 175 Hz au poste source ou le filtre actif série seront seuls acceptés.

Dans l'exemple du tableau 5, le producteur pourra être raccordé sans dispositif spécifique.

Une vérification analogue et les dispositions correspondantes devront être mises en place en temps utile par le producteur pour permettre le bon fonctionnement des émissions tarifaires à 188 Hz, dès leur utilisation sur le réseau local ou lorsque le distributeur utilise une autre fréquence d'émission des signaux que 175 Hz.

Le distributeur fournit au producteur les éléments nécessaires pour modéliser le circuit bouchon, à savoir l'impédance du réseau HTB, l'impédance du transformateur HTB/HTA et l'impédance modélisée du réseau HTA compte tenu de sa charge, à la fréquence 175 Hz.

IV ■ FILTRES

● 5.1 Filtre actif série

5.1.1 Caractéristiques

Le filtre actif série est un dispositif qui détecte les signaux arrivant chez le producteur et émet un signal égal en fréquence, amplitude et phase (ou d'un niveau légèrement supérieur en amplitude). Cette contre-injection annule les courants absorbés par l'installation du producteur et permet de maintenir à son niveau initial, ou même d'améliorer, le niveau des signaux.

Il est constitué d'un onduleur de tension et d'un transformateur d'injection raccordé en série entre l'installation de production et son point de raccordement au réseau.

Il est auto-surveillé et consultable à distance.

5.1.2 Dimensionnement

Il doit être dimensionné pour l'intensité maximale qui le traverse.

Il doit être prévu pour la tension assignée de 24 kV.

Il doit tenir l'intensité maximale de court-circuit du réseau (12,5 kA).

5.1.3 Découplage

Aucun découplage ne peut être demandé au producteur sur défaut du signal de transmission si le filtre actif ne présente pas d'anomalie.

En cas de défaut du filtre actif, le distributeur ne peut demander un découplage que s'il constate un niveau anormal du signal tarifaire. Le producteur doit réaliser cette manœuvre dans les plus brefs délais (moins d'une heure).

● 5.2 Circuit bouchon passif à 175 Hz

5.2.1 Caractéristiques

Les bobines d'inductances doivent être conformes à la norme NF C 52-300, de type sec à noyau d'air. La tolérance sur la valeur nominale de la réactance est de $\pm 1\%$. La variation de la réactance en fonction de la température

Tension réseau	U	20	KV			
Réseau amont	Pcc	1500	MVA	X amont	0,933	Ohms
Transfo HTB/HTA	P	40	MVA			
	Ucc	17	%	X transfo	5,950	Ohms
Consommateurs	P	27	MW			
	Tgφ	0,4		X cons	7,78	Ohms
	Rs	14,81	Ohms	R cons	9,20	Ohms
	Xs	3,79	Ohms	Rho cons	12,25	Ohms
	Xc	26,73	Ohms	Theta cons	40,23	∞
PRODUCTEUR						
Ligne	Réactance 0,36		Ohm/km			
	Longueur 0,12		Km	X l	0,0432	Ohms
Transfo groupe	P	6	MVA			
	Ucc	6,5	%	X transfo	15,17	Ohms
Groupe	P	5	MW			
	Xi	16		X g	44,80	Ohms
Impédance producteur	Rp	0	Ohms	Xp	60,01	Ohms
	Rho p	60,01	Ohms	Theta p	90	∞
CIRCUIT BOUCHON						
	L (mH)	R (Ohm)	C (micro-Farad)	Q	F accord	
Caractéristiques	3,6	0,08	230	50	174,9061	Hz
Self	Rl	0,08	Ohms	Xl	3,958	Ohms
Capacité	Rc	0	Ohms	Xc	3,954	Ohms
Impédance	Rcb	194,893	Ohms	Xcb	-14,3	Ohms
Circuit bouchon	Rho cb	195,417	Ohms	Theta cb	-4,196	∞
PRODUCTEUR + CIRCUIT BOUCHON						
Impédance Producteur + Circuit bouchon	Rpcb	194,893	Ohms	Xpcb	45,71	Ohms
	Rho pcb	200,18	Ohms	Theta pcb	13,20	∞
TAUX AMONT ET AVAL PRODUCTEUR SEUL						
Paramètres		R (Ohm)	X (Ohm)	Rho (Ohm)		Theta (∞)
Réseau amont		0	0,93	0,93		90
Transfo HTB/HTA		0	5,95	5,95		90
Consommateurs		9,20	7,78	12,05		40,23
Producteur		0	60,01	60,01		90
Consommateurs + producteur		7,08	7,85	10,57		47,96
Total sans producteur		9,20	14,67	17,31		57,90
Total avec producteur		7,08	14,73	16,34		64,34
Seuil injection		U175	2,3 %	U175		460 V
	SANS PRODUCTEUR			AVEC PRODUCTEUR		
I (A)	26,57	Angle	-57,90	28,14	Angle	-64,34
V175 amont	24,80	Angle	32,10	26,27	Angle	25,66
V175 aval	320,16	Angle	-17,67	297,45	Angle	-16,38
TAUX AMONT	0,12			0,13		
TAUX AVAL	1,6			1,49		
TAUX AMONT ET AVAL PRODUCTEUR AVEC CIRCUIT BOUCHON						
Paramètres		R (Ohm)	X (Ohm)	Rho (Ohm)		Theta (°)
Réseau amont		0	0,93	0,93		90
Transfo HTB/HTA		0	5,95	5,95		90
Consommateurs		9,20	7,78	12,05		40,23
Producteur		194,893	45,71	200,18		13,20
Consommateurs + producteur		8,92	7,15	11,43		38,74
Total sans producteur		9,20	14,67	17,31		57,90
Total avec producteur		8,92	14,04	16,63		57,58
Seuil injection		U175	2,3 %	U175		460 V

Tableau 5 : Exemple de raccordement au réseau.

	SANS PRODUCTEUR			AVEC PRODUCTEUR		
I (A)	26,57	Angle	-57,90	27,66	Angle	-57,58
V175 amont	24,80	Angle	32,10	25,82	Angle	32,42
V175 aval	320,16	Angle	-17,67	316,21	Angle	-18,83
TAUX AMONT	0,12			0,13		
TAUX AVAL	1,6			1,58		

Tableau 5 : Exemple de raccordement au réseau (suite)

ambiante doit être inférieure à 0,2% pour 20°C. Le facteur de qualité (L/R pour 175 Hz) doit être inférieur à 60, le courant nominal permanent à 50 Hz au moins égal à celui de la centrale (plus 10% environ). La tenue au courant de court-circuit du réseau doit être assurée (12,5 kA).

Les condensateurs doivent être conformes à la norme NF C 54-102, sans fusibles incorporés. La capacité nominale est définie pour une température de référence de 20°C avec une tolérance sur la valeur nominale de la capacité de +/- 4%. La variation de la capacité en fonction de la température ambiante doit être inférieure à 1% pour 20 K.

La variation de la fréquence de coupure du circuit bouchon doit être de moins de 1% pour une variation de la température de 40°C, sinon, le circuit bouchon doit être installé dans un bâtiment tempéré (20°C +/- 1,0°C environ).

5.2.2 Vérifications, réglages et contrôle

Le contrat du producteur doit prévoir que les caractéristiques électriques du circuit et notamment la valeur de la fréquence de coupure, seront vérifiées par des mesures d'impédance à des fréquences convenables, et qu'un réglage sera effectué si cette fréquence sort des limites admissibles, c'est-à-dire ne permet plus de garantir la plage de variation prévue :

- avant la période de production,
- au moins une fois par mois pendant cette période.

La vérification annuelle avant la période de production doit être effectuée par un organisme de contrôle qualifié.

Le contrôle est réalisé au moyen d'un appareil de contrôle de la tension à 175 Hz au poste source muni d'une alarme réglée sur un seuil minimal.

5.2.3 Modalités de découplage et de recouplage d'une installation de production autonome

Ces modalités seront mises en œuvre pour les installations de production de plus de 1 MW raccordées à un poste source équipé d'un système de surveillance des émissions 175 Hz permettant les fonctionnalités suivantes :

- mesure à chaque émission du taux aval 175 Hz en pourcentage de la tension nominale,
- réglage sur un seuil de taux aval 175 Hz prédéfini.

Lorsque le taux mesuré devient inférieur à ce seuil, une signalisation de franchissement est actionnée.

Ce système de surveillance est destiné à être associé à un émetteur de télécommande afin, lors du franchissement du seuil mentionné, d'envoyer via la liaison spécialisée de télé-déclenchement, un ordre de découplage vers les installations de production.

Lors d'une émission 175 Hz, le système de surveillance au poste source comparera le taux aval effectif du signal tarifaire au seuil prédéfini. Si ce taux aval est inférieur à ce seuil, le système de surveillance au poste source enverra par la liaison spécialisée de télé-déclenchement l'ordre d'ouver-

ture du disjoncteur de couplage de l'installation de production au réseau H.T.A. L'installation de production n'étant plus couplée au réseau H.T.A, le chargé de conduite du réseau H.T.A. renverra une nouvelle émission tarifaire. Si le taux aval ne s'améliore pas, l'autorisation de redémarrage de l'installation de production sera transmise dès que possible au producteur par le chargé de conduite du réseau H.T.A. Une enquête technique sera ensuite menée par les services compétents du distributeur. Si le taux aval retrouve une valeur supérieure au seuil 175 Hz après le découplage de l'installation de production, cette dernière ne sera autorisée à redémarrer qu'après la vérification et la remise en conformité par le producteur de ses installations (en ce qui concerne leur effet sur le taux aval prévu lors de l'autorisation de leur raccordement au réseau). Si la même séquence (baisse du taux aval au-dessous du seuil 175 Hz puis taux à nouveau au-dessus du seuil après découplage de l'installation) se reproduit pour la même installation, celle-ci ne sera pas autorisée à redémarrer avant l'enquête technique menée par les services compétents du distributeur ou un organisme qualifié.

Dans tous les cas, la mise en service ou la reprise de service d'une installation de production ne pourra être opérée qu'après autorisation du distributeur qui la transmettra dans les délais les plus courts compatibles avec les contraintes d'exploitation du réseau. La mise ou la remise en service sera alors exécutée par le producteur.

VI ■ HARMONIQUES ET DÉSÉQUILIBRES

Les seuils harmoniques doivent être inférieurs aux taux fixés dans le tableau 6 avec un taux global inférieur à 8% pour les harmoniques de rang 2 à 40.

La variation du taux de déséquilibre des tensions due au producteur ne devra pas dépasser 2% .

VII ■ PUISSANCE RÉACTIVE

L'installation du producteur doit pouvoir fournir une puissance réactive nominale Qn, définie ainsi :

Puissance active	Puissance réactive
P < 10 MVA	Qn = 0,5 Sn
P ≥ 10 MVA	-0,15 Sn ≤ Qn ≤ 0,45 Sn

La puissance réactive réellement fournie par le producteur dans cette limite est déterminée par le distributeur, en fonction des impératifs d'exploitation du réseau auquel est raccordée l'installation.

Si l'installation de production comporte des génératrices synchrones, la fourniture de puissance réactive sera obtenue

Harmoniques	BASSE TENSION		MOYENNE TENSION	
	Reçus	Emis	Reçus	Emis
Pairs	%	%	%	%
2	2	En attente de norme	2	2
4	1		1	1
6 à 24	0,5		0,5	0,5
Impairs	%	%	%	%
3	5	En attente de norme	5	4
5	6		6	5
7	5		5	5
9	1,5		1,5	2
11	3,5		3,5	3
13	3		3	3
15 et 21	0,5		0,5	2
17	2		2	2
19	1,5		1,5	2
23 et 25	1,5		1,5	2

Tableau 6 : Seuils harmoniques.

uniquement par le réglage du courant d'excitation des machines.

Si l'installation de production comporte des génératrices asynchrones, la fourniture de puissance réactive se fera à l'aide de batteries de condensateurs. Ces batteries pourront être installées directement chez le producteur ou au poste source du distributeur. Dans ce dernier cas, le producteur participera au coût des batteries installées au poste pour une quote-part correspondant à la puissance réactive nécessaire à la compensation de la puissance réactive absorbée par son propre groupe et à la fourniture de la quantité Q_n .

Afin d'éviter le risque de surtensions et de fonctionnement en autonome lors d'un découplage du réseau, les génératrices asynchrones ne doivent pas rester isolées sur des condensateurs, sans charge. Les génératrices raccordées sur un départ HTA réservé ou très faiblement chargé peuvent se trouver dans une telle situation lors des déclenchements du disjoncteur du départ. Dans ce cas, il faut limiter la quantité de condensateurs de compensation installés localement et donner la préférence à l'installation de condensateurs au poste source, ainsi on peut installer localement les condensateurs compensant uniquement la puissance réactive appelée par les génératrices, les autres étant situés au poste source.

Aucun condensateur de compensation ne doit être associé localement aux génératrices asynchrones raccordées en BT.

Néanmoins, si ces machines sont destinées à fonctionner, par période, en réseau autonome, il est possible de leur coupler des condensateurs de compensation uniquement pendant ces périodes. Un asservissement doit être installé pour ce faire. Lorsque son installation est découplée, il appartient au producteur de protéger ses installations.

VIII ■ PROTECTIONS DE DÉCOUPLAGE

Les protections de découplage reprennent la G.T.E. 2666 d'E.D.F. du 17 mars 1982. Elles ont pour objet :

- de permettre le fonctionnement normal des protections et automatismes installés par le distributeur,
- d'éviter le maintien de réseaux séparés sans défaut, afin d'éviter les faux couplages au moment du recouplage de ces réseaux au réseau du distributeur,
- de déconnecter instantanément les installations de production en cas de défaut survenant pendant le régime spécial d'exploitation instauré lors des travaux sous tension effectués sur le réseau aérien HTA.

Les temps d'action de ces protections doivent être coordonnés avec ceux du plan de protection du distributeur.

● 8.1 Choix du type de protection de découplage (Tab. 7)

Protection (1)	RESEAU					
	HTA				BT	
	Aérien avec RR et RL automatique	Mixte avec RL automatique	Souterrain sans réenclenchement	Liaison directe producteur poste source	P10kVA	P10kVA
Ordinaire	1,1	1,2	1,2	1,2	2,1	2,2
Avec relais de présence tension si RR	1,3	2,2 1,3	1,3	1,3	2,1	
Avec une liaison fiable au poste source	1,4	1,4	1,4	1,4	2,1	2,2

(1) Avec commutateur de mise en R.S.E. si des travaux sous tension sont prévus pour les types 1,2 et 1,3

Tableau 7 : Choix du type de protection de découplage (Conseillée en gras, déconseillée en italique)

TYPES DE PROTECTION						
Alimentation	HT				BT	
Type	1,1	1,2	1,3	1,4	2,1	2,2
Puissance (kVA)	∀ P	∀ P	∀ P	P ≥ 1000	10 < P ≤ 250	P ≤ 10
Fonctions à assurer						
Ouverture du disjoncteur de départ HTA sur défaut						
Ne pas alimenter un défaut à la terre	Relais à maximum de tension homopolaire instantané	Relais à maximum de tension homopolaire temporisé à 1 ou 1,5 s	Relais à maximum et minimum de fréquence 49,5Hz – 50,5Hz avec en secours un relais à maximum de tension homopolaire temporisé à 1 ou 1,5 s	Asservissement avec en secours maximum de tension homopolaire instantané et temporisé à 1 ou 1,5 s et minimum et maximum de fréquence 49,5Hz – 50,5Hz	3 relais à minimum de tension 85% instantanés	3 relais à minimum de tension 85% instantanés
Ne pas alimenter un défaut entre phases	3 relais à minimum de tension 85% instantanés	3 relais à minimum de tension 85% instantanés	Relais à maximum et minimum de fréquence 49,5Hz – 50,5Hz avec en secours 3 relais à minimum de tension 85% temporisé à 1 ou 1,5 s	Asservissement avec en secours 3 relais à minimum de tension 85% temporisé à 1 ou 1,5 s	3 relais à minimum de tension 85% instantanés	3 relais à minimum de tension 85% instantanés
Ne pas enclencher sur une installation non découplée	Sans objet (découplage instantané)	Verrouillage au poste source sur présence de tension	Verrouillage du réenclenchement rapide au poste source sur présence de tension	Sans objet (découplage instantané)	Sans objet (découplage instantané)	Sans objet (découplage instantané)
Ouverture du disjoncteur de départ HTA sans qu'il y ait un défaut sur ce départ						
Ne pas alimenter les autres clients avec une tension ou une fréquence anormale	Relais à maximum et minimum de fréquence 47,5Hz – 51Hz et minimum et maximum de tension 85% et 115% instantanés	Relais à maximum et minimum de fréquence 47,5Hz – 51Hz et minimum et maximum de tension 85% et 115% instantanés	Relais à maximum et minimum de fréquence 51Hz – 47,5Hz instantané et minimum 25% de tension instantané et minimum de tension 85% temporisé et maximum de tension 115% instantanés	Asservissement et, relais à maximum et minimum de fréquence 51Hz – 47,5Hz instantané et minimum 25% de tension instantané et minimum de tension 85% temporisé et maximum de tension 115% instantanés	3 relais à minimum de tension 85% instantanés et un maximum de tension 110% instantané et minimum et maximum de fréquence 49,5Hz-50,5Hz	3 relais à minimum de tension 85% instantanés et un maximum de tension 110% instantané
Ne pas enclencher sur une installation non découplée	Relais à minimum de tension 85% instantanés	Relais à minimum de tension 85% instantanés	Relais à minimum de tension 25% instantanés	Relais à minimum de tension 25% instantanés	3 relais à minimum de tension 85% instantanés	3 relais à minimum de tension 85% instantanés
Défauts sur d'autres départs HTA						
En cas de baisse de tension < 25% déphasage sur un alternateur non découplé	Relais à minimum de tension 85% instantanés	Relais à minimum de tension 85% instantanés	Relais à minimum de tension 25% instantanés	Relais à minimum de tension 25% instantanés	3 relais à minimum de tension 85% instantanés	3 relais à minimum de tension 85% instantanés
Défaut sur alimentation HTB	Comme pour ouverture disjoncteur HTA avec la priorité à la fréquence					
Travaux sous tension prévisibles sur le départ HTA						
Mise en régime spécial d'exploitation mise à 0 des tempos	Sans objet (découplage instantané)	Commutateur de mise en R.S.E.	Commutateur de mise en R.S.E.	Sans objet (découplage instantané)	Sans objet (découplage instantané)	Sans objet (découplage instantané)

Tableau 8 : Les différents types de protection.

Raccordement	Basse tension		Haute tension	
	Basse tension avec P 36 kVA	Basse tension avec 36 P (kVA) 250	Basse tension possible si 1 transfo et rapport des TC 2000/5	Haute tension
TC	CI 0,5	CI 0,5	CI 0,5	CI 0,5
TP	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Monophasé CI 0,5
Compteurs	Type bleu	Type jaune	Type vert	Type vert dans les 2 sens
Lecture	Télérelevable localement	Télérelevable localement	Télérelevable à distance	Télérelevable à distance
Qualité de fourniture				1 indicateur de coupures
autoconsommateur				1 comptage type client

Tableau 9 : Les différents comptages

● 8.2 Principes de détection

Les principes de détections suivants sont utilisés.

Un relais à maximum de tension homopolaire pour les défauts H.T.A. à la terre. Trois relais à minimum de tension réglés à 85% pour la détection des défauts entre phases. Un relais à maximum de tension réglé à 115%, un relais à minimum et maximum de fréquence réglé à 47,5 et 51 Hz et les relais à minimum de tension réglés à 85% pour la détection du réseau séparé sans défaut.

● 8.3 Types de protections

(Voir tableau 8)

IX ■ MISES À LA TERRE DES MASSES ET DU NEUTRE

● 9.1 Raccordement en basse tension

De manière générale, le neutre du réseau BT ne doit pas être relié à la terre dans l'installation du producteur tant qu'elle est raccordée au réseau. Si elle doit l'être en fonctionnant en réseau séparé, un asservissement doit être installé entre la mise à la terre du neutre et le couplage.

Toutefois, si le réseau électrique le permet (c'est-à-dire si le réseau et la terre de l'installation de production à raccorder respectent les mêmes conditions que celles qui sont requises pour le réseau et la terre du client dans le cadre d'un contrat de fourniture d'électricité au tarif jaune), la

connexion du neutre du réseau BT à la terre dans l'installation du producteur est possible à la demande du producteur, après accord du distributeur.

● 9.2 Raccordement en HTA

Les écrans du câble souterrain desservant éventuellement l'installation sont reliés entre eux et doivent être reliés aux masses de ce poste.

Si l'installation est contiguë au poste source, il est préférable d'interconnecter les masses de l'installation et celles du poste source. Les conducteurs d'interconnexion doivent être dimensionnés en fonction de la valeur des courants de défauts qui peuvent les parcourir.

Le neutre HTA ne doit pas être relié à la terre au poste de l'installation du producteur lorsque cette installation est raccordée au réseau.

X ■ TRANSMISSION DES ORDRES EJP

Elle peut se faire par la voie ordinaire, à l'aide du signal habituel 175 Hz envoyé à tous les clients sur le réseau.

XI ■ COMPTAGES

Les matériels de comptages sont conformes aux normes de la famille NF C44000.

Les comptages sont réalisés conformément à la norme NF C14-100 en BT et NF C13-100 en HT.