

Etude de la protection de découplage pour le raccordement d'une production décentralisée en HTA

Indice	Date application	Objet de la modification
A	02/07/2009	Création
B	05/08/2011	Logo SRD
C	22/09/2012	Changement de logo
D	19/03/15	Modification de l'arbre de décision (Arrêté du 23 avril 2008 modifié)

Résumé

Ce document décrit l'étude de la protection de découplage pour le raccordement d'une production décentralisée en HTA.

Accessibilité	<input checked="" type="checkbox"/> Libre	<input type="checkbox"/> SRD	<input type="checkbox"/> Confidentiel
---------------	---	------------------------------	---------------------------------------

SOMMAIRE

1. OBJET ET CRITERE DE DECLENCHEMENT DE L'ETUDE	3
2. RAPPEL DE LA REGLEMENTATION	3
3. CHOIX DU TYPE DE PROTECTION DE DECOUPLAGE	4
3.1. HYPOTHESE	4
3.2. CRITERE DE DECISION	4
4. DETERMINATION DU RISQUE DE MAINTIEN EN RESEAU SEPRE	6
4.1. CLASSIFICATION DES MACHINES	6
4.2. DIAGRAMME $\Delta P/\Delta Q$ D'UNE MACHINE SYNCHRONE	7
4.3. RISQUE DE MAINTIEN EN RESEAU SEPRE EN PRESENCE DE PLUSIEURS MACHINES SYNCHRONES	11
4.4. RISQUE DE MAINTIEN EN RESEAU SEPRE EN PRESENCE DE MACHINES ASYNCHRONES OU A ELECTRONIQUE DE PUISSANCE	11

1. Objet et critère de déclenchement de l'étude

L'objet du document est de définir le type de protection de découplage minimal à prévoir dans le cadre des études menées par SRD.

Cette étude est à faire systématiquement lors du raccordement du Producteur.

2. Rappel de la réglementation

Les articles des textes réglementaires concernant la fonction de découplage sont rappelés ci-après.

Décret et arrêté du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique

UTE C15-400 de juillet 2005 Ce Guide Pratique décrit les différents types de protection de découplage pour les groupes de production, qu'ils soient raccordés au RPD en BT ou en HTA (objet de l'étude). Les différents types de protection de découplage cités dans ce document (B1, H1 – H5) sont définis dans le guide pratique UTE C15-400.

Annexe technique de l'arrêté du 3 juin 98 relatif aux conditions techniques de raccordement au réseau public HTA des installations de production autonome d'énergie électrique de puissance installée supérieure à 1 MW. Des informations non reprises dans les textes actuels figurent dans cette annexe technique, notamment l'article *VIII*.

Remarque : Il est à noter que la présente fiche d'étude reprend les prescriptions techniques des **arrêtés du 21 juillet 1997¹ et 3 juin 1998² non remises en cause à ce jour par la réglementation en vigueur**. Bien que ce texte soit abrogé, des informations non reprises dans les textes actuels figurent dans l'annexe technique de l'arrêté du 3 juin 1998, notamment l'article *VIII*.

¹ relatif aux conditions techniques de raccordement au réseau public des installations de production autonome d'énergie électrique de moins de 1 MW.

² relatif aux conditions techniques de raccordement au réseau public HTA des installations de production autonome d'énergie électrique de puissance installée supérieure à 1 MW.

3. Choix du type de protection de découplage

3.1. Hypothèse

Le raccordement considéré est celui correspondant au régime normal d'alimentation. Des dispositions complémentaires peuvent être nécessaires pour un fonctionnement sur les éventuelles liaisons de secours.

3.2. Critère de décision

Les centrales de production pouvant fonctionner en parallèle avec le réseau public de distribution sont classées en deux catégories selon leur puissance de production :

- Les centrales de puissance nominale apparente inférieure ou égale à 250 kVA ne pouvant être raccordées en BT,
- Les centrales de puissance nominale apparente supérieure à 250 kVA.

Pour chacun de ces deux cas, les critères de décisions ci-après permettent de déterminer, pour une installation donnée de production, le type de protection de découplage minimale nécessaire au bon fonctionnement du réseau. Pour prémunir son installation du risque de trop nombreux découplages intempestifs, le producteur peut opter pour une des protections plus performante que celle résultant des critères de décision (voir Tableau1).

Enfin, en cas d'évolution majeure du réseau (notamment partage d'un départ dédié), SRD pourra refaire la présente étude en se basant sur les nouvelles hypothèses et, le cas échéant, demander la modification du type de protection de découplage par avenant à la convention de raccordement.

Nota :

La puissance nominale apparente, exprimée en kVA, est égale à la somme des puissances apparentes nominales des machines électriques données dans les fiches de collecte. La puissance maximale de production exprimée en MW, est égale à la somme des puissances actives en régime continu des générateurs électriques du Site, puissances données dans les fiches de collecte et à défaut, à la somme des produits des puissances nominales apparentes par le facteur de puissance nominal de chaque machine tournante, soit la somme de S_n machine tournante x $\cos\phi$ machine tournante.

Sites de puissance inférieure à 250 kVA dont le raccordement est envisagé en HTA

Dans ce cas, la protection de découplage peut être :

- ou bien une protection externe de type B.1,
- ou bien une protection conforme DIN VDE0126 ou DIN VDE0126-1-1 intégrée aux onduleurs ou sectionneurs automatiques de l'installation.

Site de puissance supérieure à 250 kVA

L'arbre de décision suivant présente les différents cas de figure :

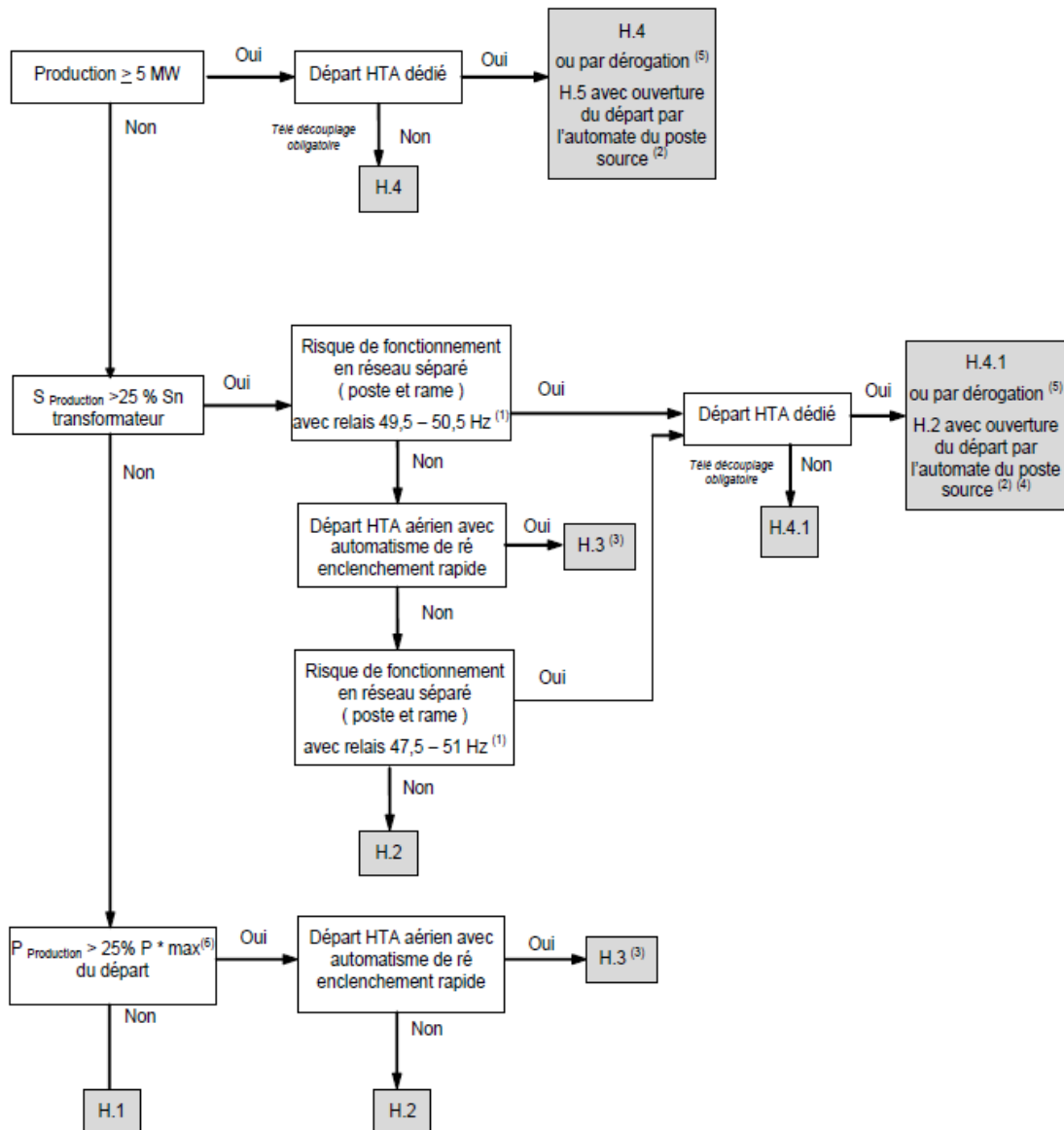


Figure 1 - Arbre de décision pour les sites de puissance supérieure à 250 kVA

(1) Voir § - Détermination du risque de maintien en réseau séparé.

(2) Le départ Producteur est ouvert par ordre de l'automate du poste source, notamment en cas de permutation automatique de transformateur, de déclenchement d'une Protection Voltmétrique Homopolaire HTB, d'ouverture de l'arrivée du transformateur.

(3) La protection de type H.3 est associée à un relais de présence tension en retour pour permettre l'extinction et prévenir les faux couplages.

(4) Dans le cas rare d'un départ dédié en aérien avec automatisme de ré enclenchement rapide, le type de protection de découplage minimal est le type H.3

(5) La dérogation, à valider par le Demandeur, consiste à installer de protection H.5 ou H.2 tant qu'il n'y a pas d'autres utilisateurs sur le départ. Si, par la suite, le départ accueille d'autres utilisateurs, l'étude est refaite. SRD pourra demander l'installation d'une protection H.4 ou H.4.1 (ajout d'un télé-découplage) par avenant à la Convention de Raccordement.

(6) Somme des P^* max actives consommées sur le départ HTA, sans les producteurs.

Protection de découplage compatible

Le Producteur peut choisir une autre protection de découplage dans les limites du tableau suivant :

Type de Protection résultant des arbres de décision	Types de protections compatibles	
	Départ aérien avec automatismes de Réenclenchements Rapides	Départ souterrain
Din VDE 0126 ou DIN VDE 0126- 1-1	Sans objet	Sans objet
B.1	H.1, H.3, H.4	H.1, H.2, H.4
H.1	H.3, H.4	H.2, H.4
H.2	Sans objet	H.4
H.3	H.4	Sans objet
H.4.1	Sans objet	Sans objet
H.4	Sans objet	Sans objet
H.5	Sans objet	H.4

Tableau 1 – Types de protections de découplage compatibles

4. Détermination du risque de maintien en réseau séparé

Plutôt qu'utiliser une démarche déterministe qui aurait conclu qu'un réseau séparé peut se produire dans la grande majorité des cas (cas d'égalité entre production et consommation dans la zone de réseau considéré), ERDF a préféré se baser sur une approche probabiliste en tenant compte des plages de variation ΔP et ΔQ définies ci-après.

La méthode d'étude ci-dessous est valable pour tout raccordement au réseau public de distribution HTA si les conditions suivantes sont respectées :

- les régulations de tension fonctionnant dans les installations de production de puissance supérieure à 10 MW ou, à la demande de SRD, dans les installations de production de puissance supérieure à 1 MW ont des temps de réponse supérieurs à plusieurs secondes,
- les installations de production constituées de machines synchrones fonctionnent sans dispositif de réglage fréquence puissance,
- les installations de production constituées de machines équipées d'onduleurs à commutation forcée fonctionnent sans dispositif de réglage de la tension. L'injection est faite par contrôle du courant en sortie de l'électronique qui est synchronisée à la tension du réseau.

Cette méthode ne s'applique donc pas au raccordement d'installations de production sur un réseau non relié à un grand réseau interconnecté et aux installations de production non marginales équipées de régulation de tension et de fréquence-puissance avec des temps de réponse très faibles.

4.1. Classification des machines

Le risque de maintien en réseau séparé dépend en premier lieu du type de machines couplées au réseau séparé. On distingue deux groupes de machines :

- machines ayant l'aptitude à fonctionner en réseau séparé : il s'agit des machines synchrones, qui disposent de leur propre système d'excitation et qui n'ont pas besoin d'être synchronisées à la tension du réseau pour injecter leur puissance.
- machines n'ayant pas l'aptitude à fonctionner seules en réseau séparé : il s'agit d'une part des machines asynchrones, qui ont besoin d'un apport externe de puissance réactive pour fonctionner, et d'autre part des machines injectant leur puissance au réseau via une électronique de puissance dont le contrôle commande a besoin d'une référence externe de tension. Pour simplifier, ces machines seront répertoriées par la suite dans le groupe des

machines asynchrones ou à électronique de puissance.

La méthode d'étude du risque de maintien en réseau séparé intègre donc la présence ou non des machines de ces deux groupes.

4.2. Diagramme $\Delta P/\Delta Q$ d'une machine synchrone

On montre qu'il est possible, à partir d'un faible nombre de paramètres, d'évaluer avec une précision satisfaisante le risque de maintien en réseau séparé avec une machine synchrone reprenant une poche de réseau, ces paramètres sont :

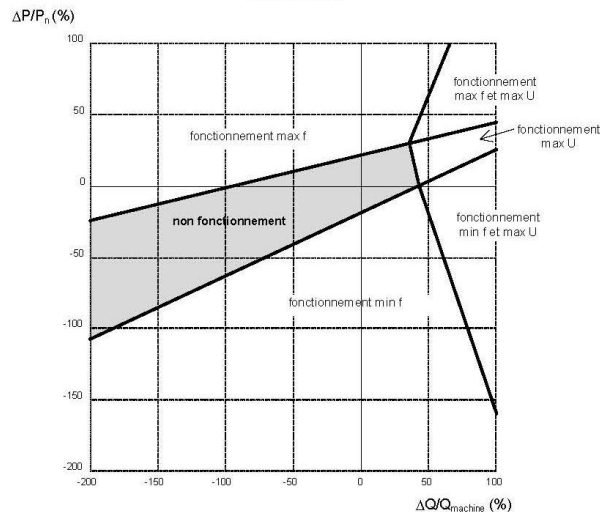
- écart entre les puissances actives et réactives produite par la machine et consommée par les charges de la poche au moment de la séparation du réseau.
- inertie de la machine
- seuils de réglage des relais de fréquence et de tension de la protection de découplage de la machine.
- On définit ainsi des diagrammes $\Delta P / \Delta Q$ donnant les conditions d'écart de puissance active et réactive permettant à la protection de découplage de la machine (relais de fréquence et relais à maximum de tension) de détecter en moins de 400 ms le maintien en réseau séparé.

Les écarts ΔP et ΔQ de puissance active et réactive sont définis comme suit :

- $\Delta P/P_n = (P_{\text{machine}} - P_{\text{charge}})/P_n$
avec P_n puissance active nominale de la machine
 P_{machine} puissance active maximale fournie par la machine (P_{machine} peut être inférieure à P_n).
 P_{charge} puissance active consommée par les charges avant ilotage

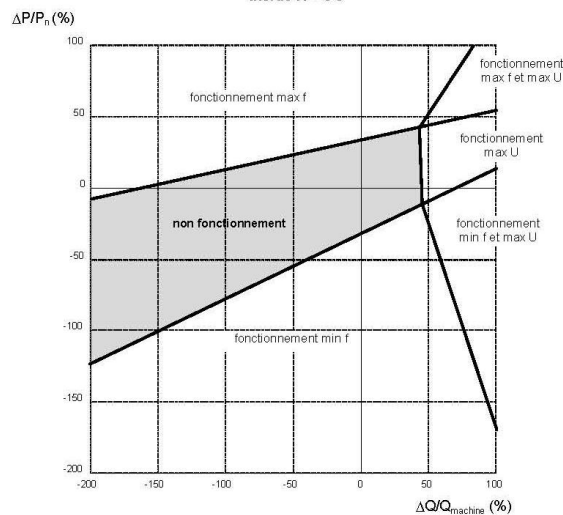
Relais de fréquence 49,5 - 50,5 Hz – Inertie machine H = 3 s

Zone de fonctionnement des relais
49,5 Hz - 50,5 Hz - 115% Un
Inertie H = 3 s



Relais de fréquence 49,5 - 50,5 Hz – Inertie machine H = 5 s

Zone de fonctionnement des relais
49,5 Hz - 50,5 Hz - 115% Un
Inertie H = 5 s



- $\Delta Q/Q_{\text{machine}} = (Q_{\text{machine}} - Q_{\text{charge}})/Q_{\text{machine}}$
Avec Q_{machine} puissance réactive fournie par la machine avant ilotage.
 Q_{charge} puissance réactive consommée par les charges avant ilotage.

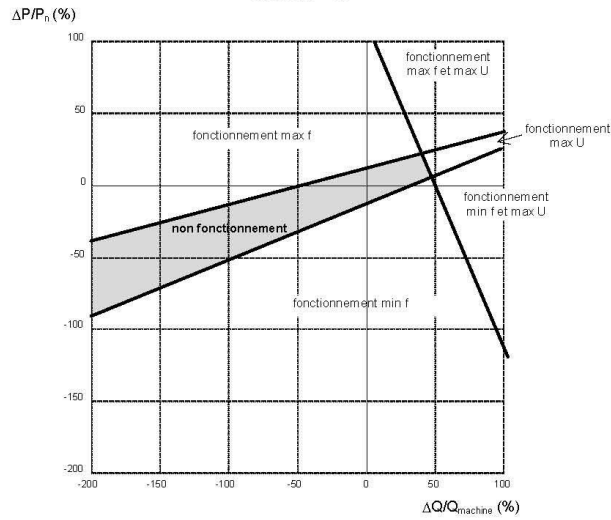
Les diagrammes donnés ci-dessous ont été établis pour :

- Trois valeurs de la constante d'inertie H : 1s, 3s et 5s ;
- Les deux niveaux de réglage des relais de fréquence utilisés pour les protections de découplage : [47,5 - 51 Hz] et [49,5 - 50,5 Hz] ;
- Un réglage du relais à maximum de tension à 115% de la tension nominale.

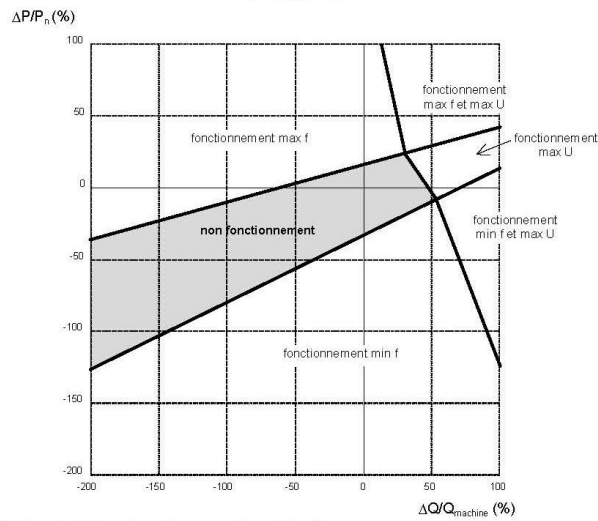
Les autres hypothèses retenues sont :

- Régulation à tan phi constant sur la machine ;
- Pas de régulation de fréquence sur la machine ;
- Tension au point de raccordement du producteur de 20,4 kV ;
- Charges mixtes formées de résistances et de machines tournantes.

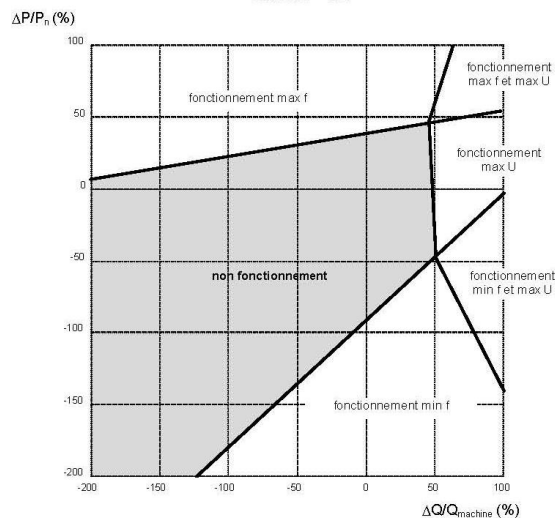
Relais de fréquence 49,5 - 50,5 Hz – Inertie machine H = 1 s
 Zone de fonctionnement des relais
 49,5 Hz - 50,5 Hz - 115% Un
 Inertie H = 1 s



Relais de fréquence 47,5 - 51 Hz – Inertie machine H = 1 s
 Zone de fonctionnement des relais
 47,5 Hz - 51 Hz - 115% Un
 Inertie H = 1 s



Relais de fréquence 47,5 - 51 Hz – Inertie machine H = 3 s
 Zone de fonctionnement des relais
 47,5 Hz - 51 Hz - 115% Un
 Inertie H = 3 s

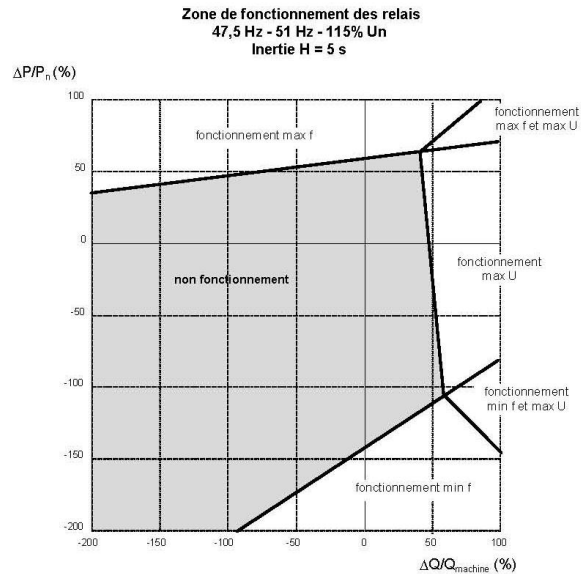


4.3. Risque de maintien en réseau séparé en présence de plusieurs machines synchrones

Les machines interagissent entre elles et contribuent ensemble au maintien de la fréquence et de la tension. Il est possible d'évaluer le risque de maintien en réseau séparé à partir des diagrammes $\Delta P / \Delta Q$ présentés ci-dessus en assimilant les machines synchrones à une machine synchrone équivalente.

4.4. Risque de maintien en réseau séparé en présence de machines asynchrones ou à électronique de puissance

Relais de fréquence 47,5 - 51 Hz – Inertie machine $H = 5$ s



Les machines asynchrones ne peuvent à elles seules maintenir un réseau séparé, sauf dans le cas très particulier d'adéquation entre la puissance réactive disponible sur le réseau, notamment grâce aux gradins de condensateurs, et la puissance réactive nécessaire à l'excitation des machines asynchrones (phénomène d'auto-excitation). Nous négligeons ce phénomène dans le cadre de cette étude, étant donnée la probabilité très faible d'un maintien durable de la fréquence et de la tension dans les plages de non fonctionnement des relais de protection de découplage.

Le risque de maintien en réseau séparé est également considéré comme négligeable en présence seulement de machines à électronique de puissance.

L'étude du risque de maintien en réseau séparé est donc inutile dans ces deux cas.

Par contre, lorsque des machines asynchrones ou à électronique de puissance se retrouvent couplées avec une ou plusieurs machines synchrones, ces dernières peuvent éventuellement fournir la puissance réactive nécessaire à l'excitation des machines asynchrones et/ou donner une référence de tension aux contrôles-commandes des électroniques. L'étude du risque de maintien en réseau séparé est alors nécessaire.