

**RACCORDEMENT D'UNE PRODUCTION
DECENTRALISEE EN HTA
ETUDE DE LA PROTECTION DE DECOUPLAGE**

<i>HISTORIQUE DU DOCUMENT</i>		
Indice	Nature de la modification	Date publication
V1.1	Création	28 février 2006

SOMMAIRE

<i>Objet de l'étude</i>	3
<i>Critère de déclenchement de l'étude</i>	3
<i>Rappel de la réglementation</i>	3
<i>Choix du type de protection de découplage</i>	5
1) Hypothèses	5
2) Critères de décision	5
<i>Détermination du risque de maintien en réseau séparé</i>	8
3) Classification des machines	8
4) Diagrammes $\Delta P/\Delta Q$ d'une machine synchrone	8
5) Risque de maintien en réseau séparé en présence de plusieurs machines synchrones	12
6) Risque de maintien en réseau séparé en présence de machines asynchrones ou à électronique de puissance	12

Objet de l'étude

Définition du type de protection de découplage minimal à mettre en œuvre par le Producteur pour assurer la sûreté de fonctionnement des réseaux publics, ainsi que la sécurité des personnes et des biens.

Critère de déclenchement de l'étude

Cette étude est systématique lors du raccordement d'un Producteur.

Rappel de la réglementation

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

➤ **Décret du 13 mars 2003** *relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement auxquelles doivent satisfaire les installations en vue de leur raccordement aux réseaux publics de distribution*

Article 14

En complément de la protection générale visée à l'article 6, l'installation de production doit être équipée d'une fonction de protection destinée à la séparer du réseau public de distribution en cas de défaut sur ce réseau.

Le gestionnaire du réseau public de distribution précise à l'utilisateur les performances attendues de cette fonction de protection dans un cadre transparent et non discriminatoire.

➤ **Arrêté du 17 mars 2003** *relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'une installation de production d'énergie électrique*

Article 12

Les installations de production doivent pouvoir assurer la fonction de protection de découplage destinée à les séparer du réseau public de distribution en cas de défauts sur celui-ci. Cette protection a pour objet :

- de permettre le fonctionnement normal des protections et automatismes installés par le gestionnaire du réseau de distribution ;*
- d'éviter le maintien de réseaux séparés sans défaut, afin de ne pas alimenter les autres utilisateurs à une fréquence et une tension anormale et d'éviter les faux couplages au moment de la reconnexion de ces réseaux au réseau public de distribution ;*
- 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 des dispositifs de protection doivent être coordonnés avec ceux du plan de protection du gestionnaire du réseau public de distribution.

La protection de découplage doit permettre de détecter les situations suivantes :

- réseau séparé sans défaut ;*
- défauts HTA à la terre ;*
- détection des défauts entre phases pour la HTA et entre conducteurs pour la BT ;*
- risque de faux couplage ;*
- défauts sur le réseau HTB amont : lorsque le raccordement de l'installation conduit à ce que la somme des puissances actives maximales des installations de production raccordées sur un poste HTB/HTA devienne importante (> 12 MW environ), le gestionnaire du réseau de distribution doit, avec*

l'accord du gestionnaire du réseau HTB, mettre en oeuvre les mesures éventuellement rendues nécessaires suite à ce raccordement pour le maintien de la sécurité des personnes et des biens en cas de défaut sur le réseau HTB.

Les dispositifs de protection propres aux groupes ne doivent pas arrêter leur fonctionnement dans des conditions moins sévères que celles prévues par les fonctions de découplage lors des situations dégradées du réseau public de distribution.

➤ **UTE C15-400** de juillet 2005

Ce Guide Pratique définit les différents types de protection de découplage.

Remarque

Le présent document reprend les prescriptions techniques des arrêtés antérieurs dans la mesure où elles ne sont pas remises en cause par la réglementation en vigueur :

Arrêté du 21 juillet 1997 (*relatif aux conditions techniques de raccordement au réseau public des installations de production autonome d'énergie électrique de moins de 1MW*) **et Arrêté du 3 juin 1998** (*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*), ainsi que leurs annexes pour leurs valeurs documentaires.

Choix du type de protection de découplage

1) Hypothèses

L'étude doit être menée pour les différents schémas d'exploitation du réseau, ainsi que dans le cas où un transformateur est hors service au poste-source.

2) Critères 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 pour assurer la sûreté des réseaux publics et la sécurité des personnes et des biens. Pour prémunir son installation du risque de trop nombreux découplages intempestifs, le producteur peut opter pour une protection plus performante que celle résultant des critères de décision.

Enfin, en cas d'évolution majeure du réseau (notamment partage d'un départ dédié), le GRD 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.

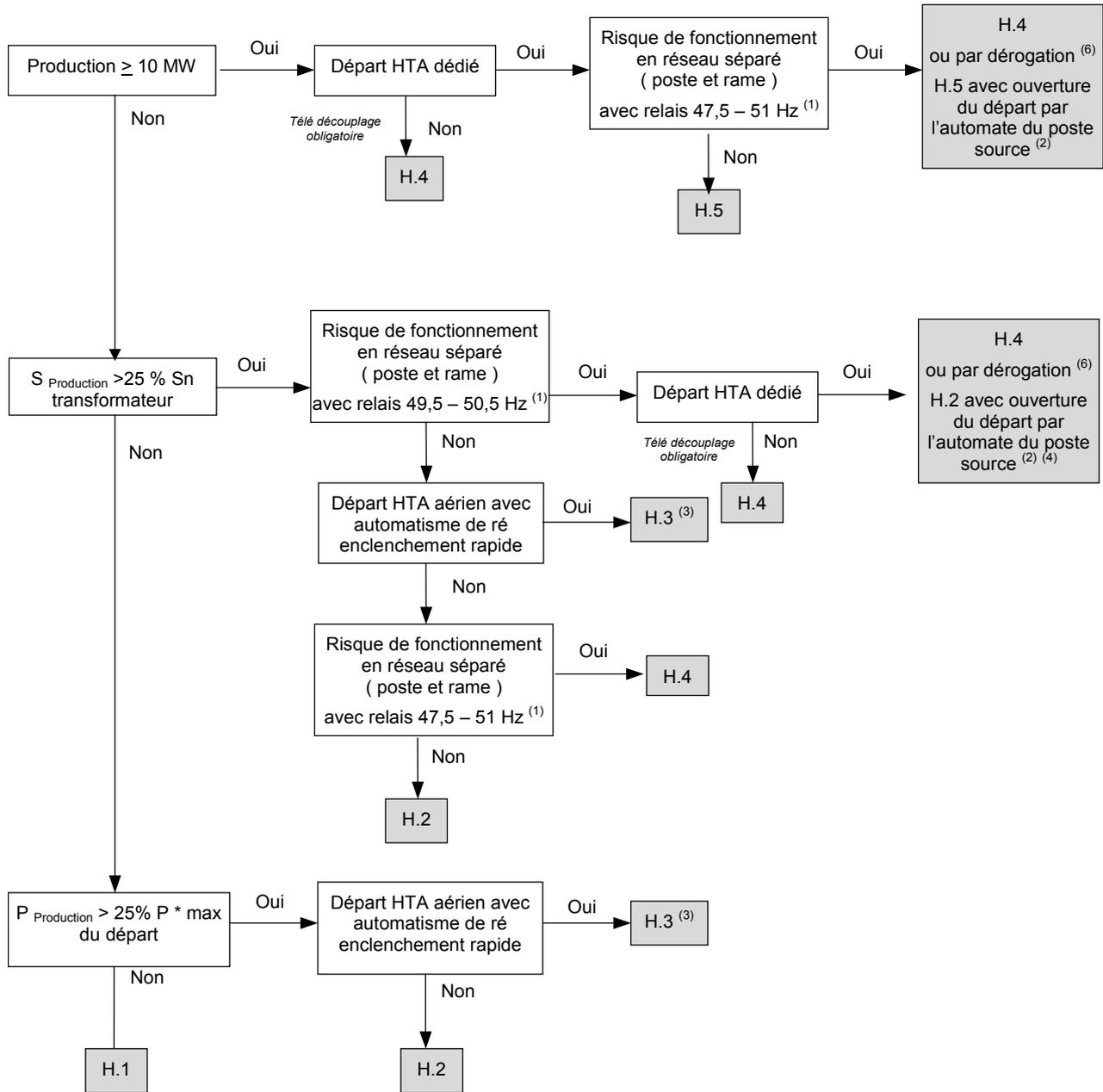
Sites de puissance inférieure à 250 kVA dont le raccordement est réalisé en HTA

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 intégrée aux onduleurs ou sectionneurs automatiques de l'installation.

Sites de puissance supérieure à 250 kVA

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



- (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, d'ordre PVH, d'ouverture arrivée.
- (3) La protection de type H.3 est associée à un relais de présence tension en retour pour 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) protection de type H.1 n'est exclue en cas de régime de neutre compensé
- (6) Si le départ accueille d'autres utilisateurs, l'étude est refaite. Le GRD pourra demander la modification du type de protection de découplage par avenant à la Convention de Raccordement

Protection de découplage compatibles

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

Type de Protection résultant de l'arbre de décision	Types de protection compatibles et moins sensibles aux perturbations de tension du RPD	
	Départ aérien avec RR rapide	Départ souterrain
Din VDE 0126	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	Sans objet	Sans objet
H.5	Sans objet	H.4

Tableau 1 – Types de protections de découplage compatibles

Détermination du risque de maintien en réseau séparé

La méthode d'étude ci-dessous est valable pour tout raccordement au réseau de distribution public 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 du GRD, 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.

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.

2) Diagrammes $\Delta P/\Delta Q$ 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 les suivants :

- 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'écarts 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
- $\Delta Q/Q_{\text{machine}} = (Q_{\text{machine}} - Q_{\text{charge}})/Q_{\text{machine}}$

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.

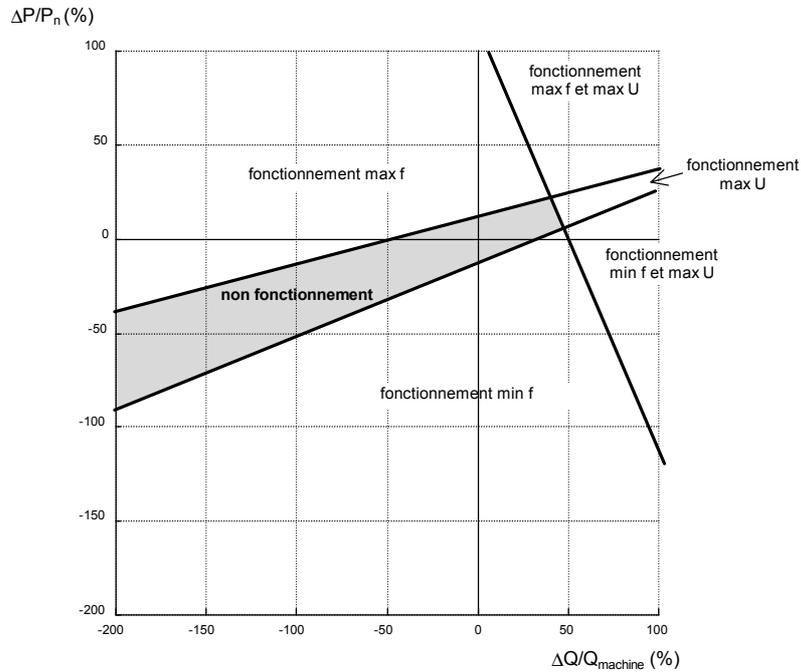
Les autres hypothèses retenues sont :

- régulation à tan phi constant sur la machine ;
- pas de régulation de fréquence sur la machine ;
- charges mixtes formées de résistances et de machines tournantes.

Il est à noter que la tension au point de connexion a peu d'incidences sur les résultats.

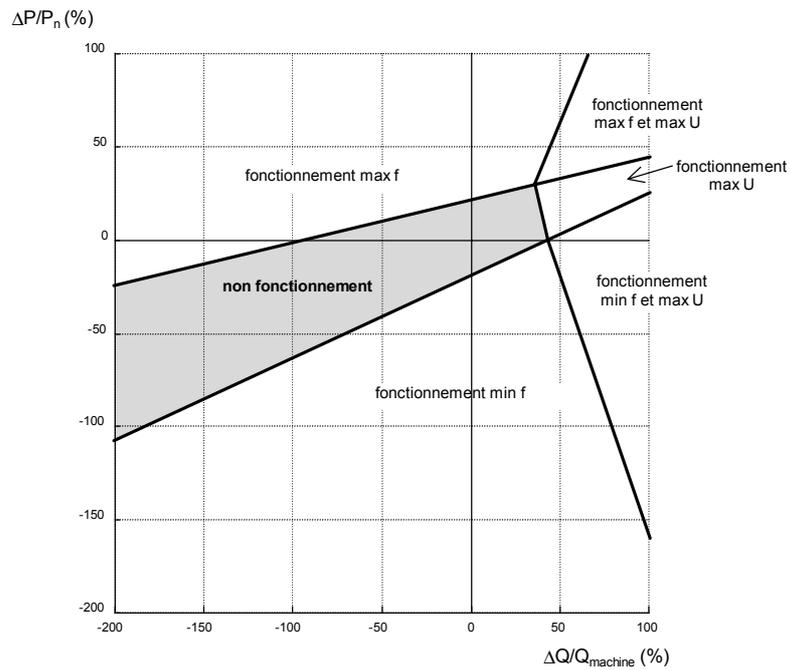
Relais de fréquence 49,5 - 50,5 Hz – Inertie machine H = 1 s

**Zone de fonctionnement des relais
 49,5 Hz - 50,5 Hz - 115% Un
 Inertie H = 1 s**



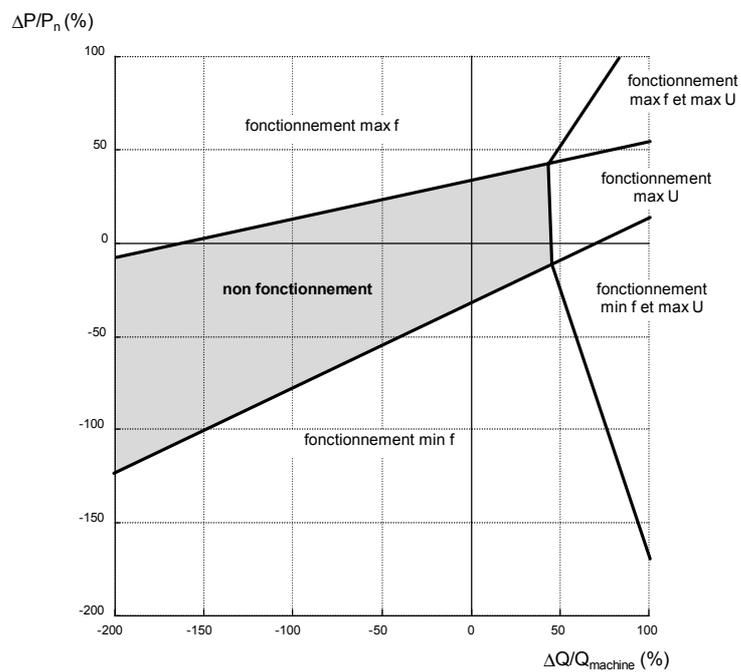
Relais de fréquence 49,5 - 50,5 Hz – Inertie machine H = 3 s

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



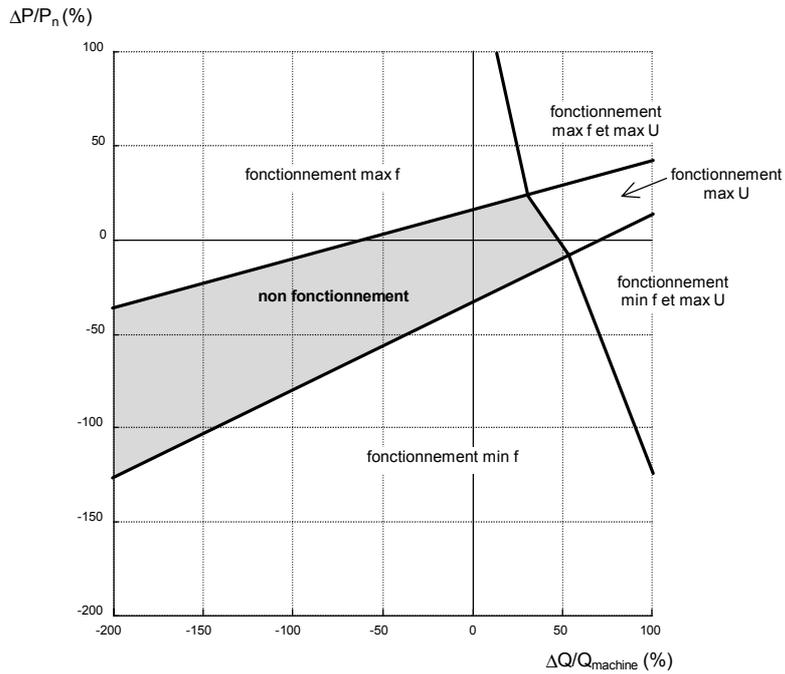
Relais de fréquence 49,5 - 50,5 Hz – Inertie machine H = 5 s

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



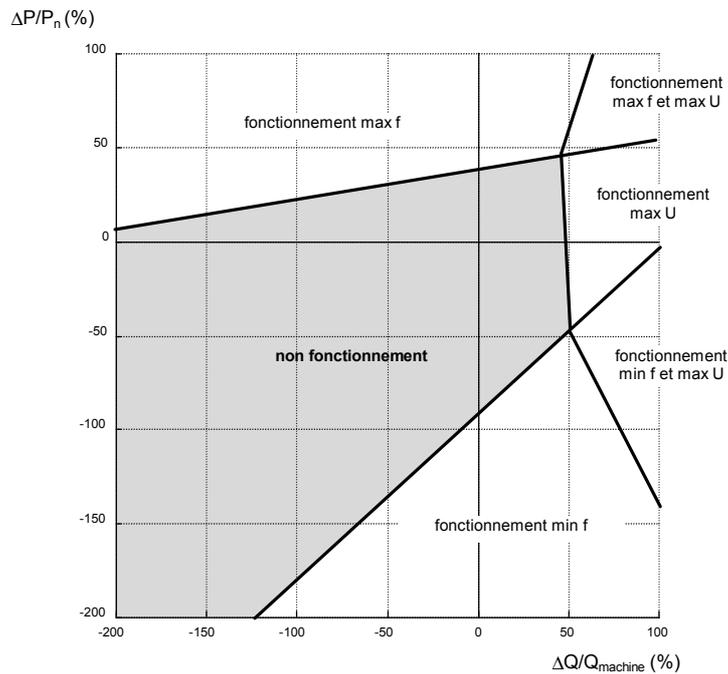
Relais de fréquence 47,5 - 51 Hz – Inertie machine H = 1 s

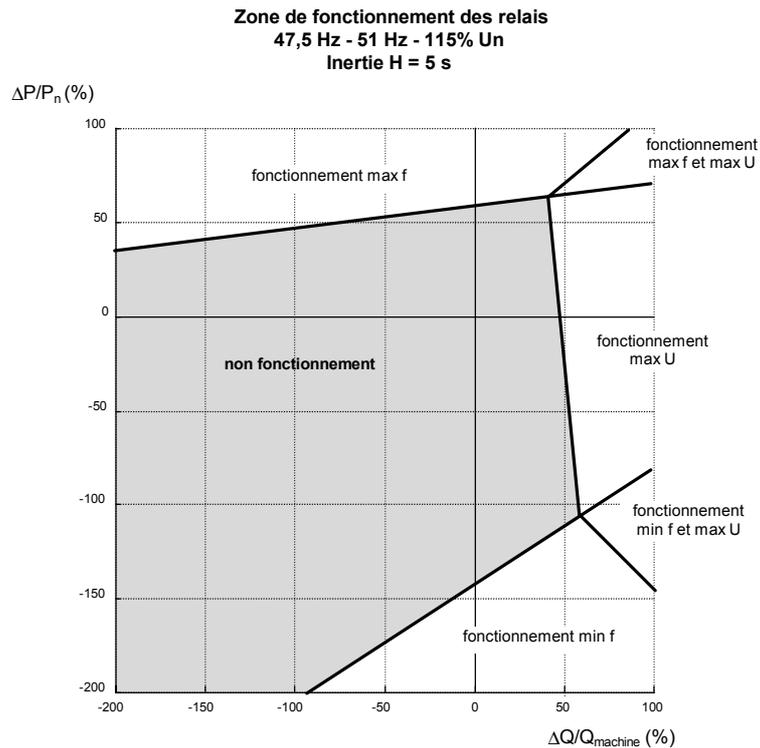
**Zone de fonctionnement des relais
47,5 Hz - 51 Hz - 115% Un
Inertie H = 1 s**



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**





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. Cette machine équivalente a pour puissance active et réactive la somme des puissances unitaires des machines. L'inertie équivalente est la moyenne pondérée de la puissance active de

l'inertie de chaque machine ; $H_{\text{equ}} = \frac{\sum H_i \times P_i}{\sum P_i}$

4) Risque de maintien en réseau séparé en présence de machines asynchrones ou à électronique de puissance

Les machines asynchrones ne peuvent à elles seules maintenir un réseau séparé, sauf 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 la 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 synchrones 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.

