



# ALEAS TECHNIQUES

RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

## Protection de découplage

Version V0 du 01.09.2011

### **PROTECTION DE DECOUPLAGE**

### **PRESENTATION ET SOLUTION TECHNIQUE**

Identification : DTR-Altec-Dec  
Version : V0

Nombre de pages : 15

Version	Date d'application	Auteur	Nature de la modification
V0	01/09/2011	WB / ORD-TE	Texte original

## **Objet de l'étude**

Le maillage du réseau public de distribution permet de connecter, d'interconnecter et de coupler tout type de raccordement au réseau. La protection des personnes, des biens et du réseau nous amène à étudier la protection de découplage, concernant plus particulièrement les installations de production.

Cette protection a pour objet en cas de défaut sur le réseau :

- d'éviter d'alimenter un défaut ou de laisser sous tension un ouvrage en défaut
- de ne pas alimenter les autres installations raccordées à une tension ou à une fréquence anormale
- de permettre les réenclenchements automatiques des ouvrages du réseau

C'est pourquoi une étude sera faite systématiquement lors du raccordement d'un client producteur.

## **Réglementation**

- 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

L'article 14 du décret cité déclare qu'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 de 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

L'article 12 de l'arrêté cité déclare que 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 défaut 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
- défaut HTA à la terre
- détection de défaut entre phase pour la HTA et entre conducteur pour la BT
- risque de faux couplage
- défaut 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 œuvre 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.

- Norme UTE C 15-400 de juillet 2005, constitué d'un guide pratique qui définit les différents types de protection de découplage pour les groupes de production qu'ils soient raccordés au réseau public de distribution en BT ou en HTA.
- Annexe technique de l'arrêté du 21 juillet 1997 relatif aux conditions techniques de raccordement des installations de production autonome d'énergie électrique de moins de 1 MW
- Annexe technique de l'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

## ***Choix du type de protection de découplage***

- ***Hypothèses***

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.

- ***Critères de décision***

L'installation d'un client producteur pouvant fonctionner en parallèle avec le réseau public de distribution, celle-ci sera classée dans une des deux catégories selon la puissance de production :

- installation de puissance nominale apparente inférieure ou égale à 250 kVA ne pouvant être raccordée en BT
- installation 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 du réseau public et 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 gestionnaire du réseau de distribution 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.

Il est à noter que 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, puissances données dans les fiches de collecte. A défaut, cette puissance maximale est égale à la somme des produits des puissances nominales apparentes par le facteur de puissance nominal de chaque machine tournante.

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

Dans ce cas, la protection de découplage peut être :

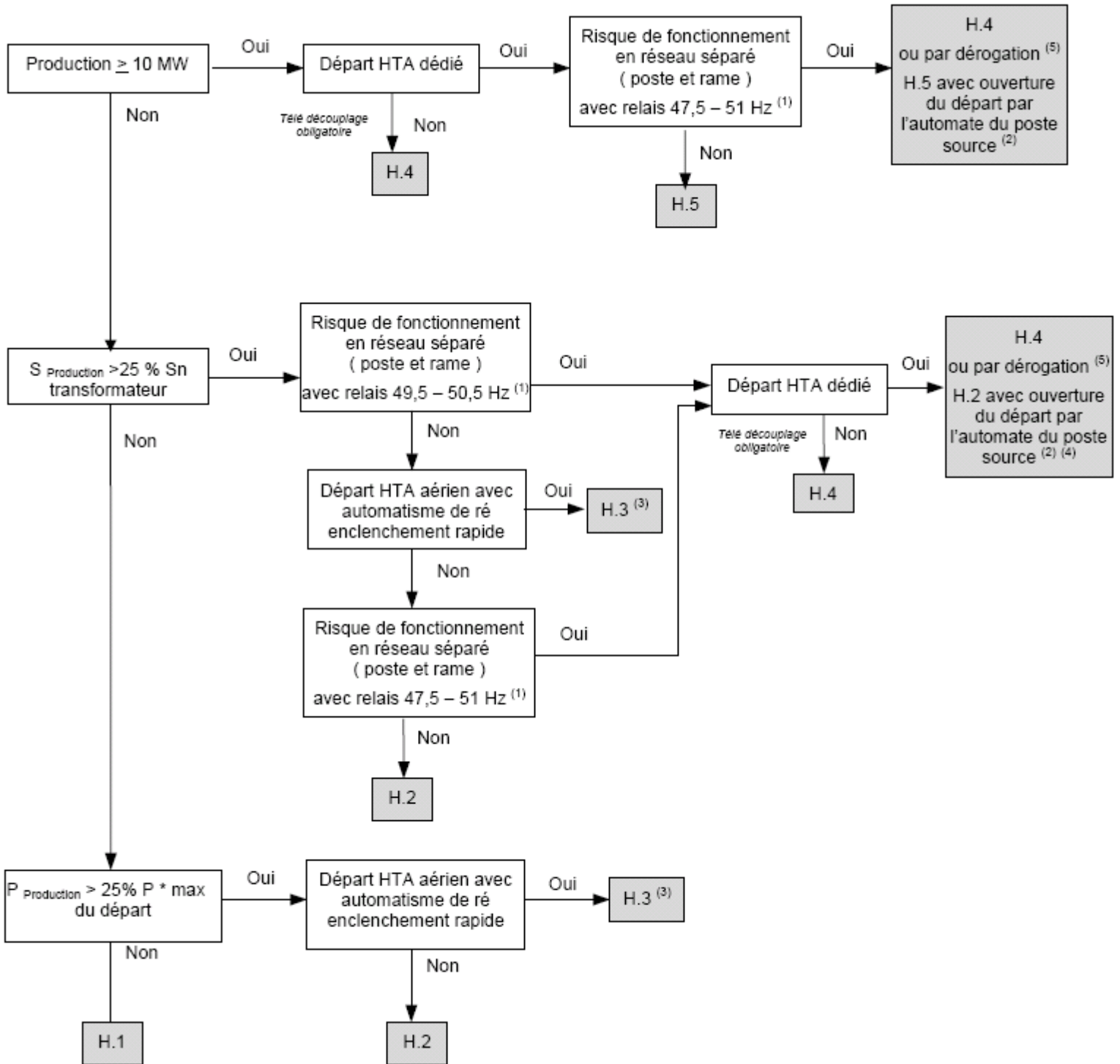
- une protection externe de type B.1 , réglée avec une plage de fréquence autour du 50Hz, lorsque le réseau BT est alimenté par un départ HTA avec cycle de réenclecnchements rapides
- une protection externe de type B2 pour des installations de très faible puissances (< 10 kVA) (notons qu'en même que tous les nouveaux relais comprennent la fonction de surveillance de fréquence)
- une protection conforme DIN VDE 0126 intégrée aux onduleurs ou sectionneurs automatiques dans le cas d'une installation photovoltaïque. La plage de fréquence sera réglée autour du 50Hz, lorsque le réseau BT est alimenté par un départ HTA avec cycle de réenclecnchements rapides. La fonction de protection de découplage répondant à la spécification DIN VDE 0.126 sera assurée par la protection interne du ou des onduleurs

Il est à noter que le type de protection est choisi en fonction de plusieurs critères :

- marche parallèle permanente ou durable
- type de générateur
- puissance apparente totale de l'installation
- type de raccordement de l'installation (HTA ou BT)
- type de départ : aérien, mixte ou souterrain ; réenclecnchement rapide ou lent

## Sites de puissance supérieure à 250 kVA

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



- (1) : voir paragraphe « 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 Protection Voltmétrique Homopolaire, d'ouverture d'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 réenclenchement rapide, le type de protection de découplage minimal est de type H.3
- (5) : la dérogation, à valider par le demandeur, consiste à installer une protection H.5 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 sera à refaire. Le gestionnaire de réseau pourra demander l'installation d'une protection H.4 (ajout d'un télé-découplage) par avenant à la convention de raccordement

### Protection de découplage compatible

Il est toujours possible de choisir une autre protection de découplage dans les limites du tableau suivant :

Type de protection résultant des arbres de décision	Type de protection compatible	
	Départ aérien avec automatisme de réenclenchement 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

### Détermination du risque de maintien en réseau séparé

La méthode d'étude est valable pour tout raccordement au réseau public de distribution HTA sous ces conditions suivantes :

- les régulations de tension fonctionnant dans les installations de production de puissance supérieure à 10 MW ou, à la demande du gestionnaire de réseau de distribution 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.

- **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.

- **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 de réseau 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 des 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  $\Delta P$  et  $\Delta Q$  de puissance active et réactive sont définis comme suit :

$$- \Delta P/P_n = (P_{\text{machine}} - P_{\text{charges}})/P_n$$

Avec : -  $P_n$  puissance active nominale de la machine

-  $P_{\text{machine}}$  puissance active maximale fournie par la machine  
(cette puissance peut être inférieure à  $P_n$ )

-  $P_{\text{charges}}$  puissance active consommée par les charges avant  
ilotage

$$- \Delta Q/Q_{\text{machine}} = (Q_{\text{machine}} - Q_{\text{charges}})/Q_{\text{machine}}$$

Avec : -  $Q_{\text{machine}}$  puissance réactive fournie par la machine avant ilotage

-  $Q_{\text{charges}}$  puissance réactive consommée par les charges avant  
ilotage

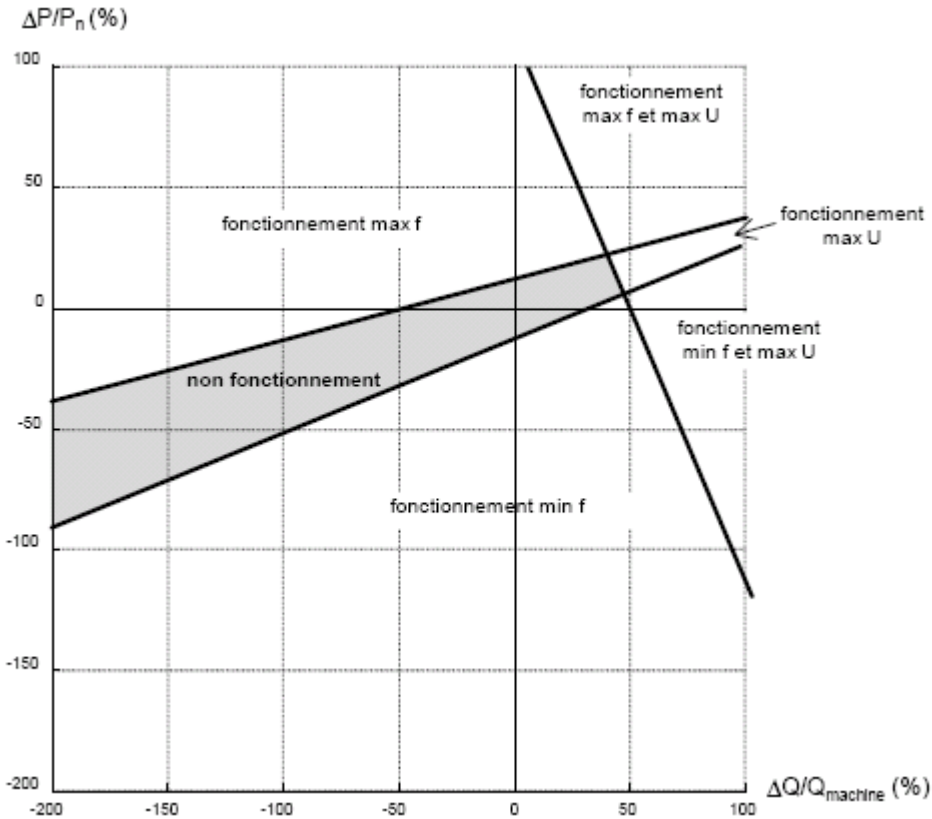
Les diagrammes donnés ci-dessous :

- 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 – 51Hz] et [49.5 – 50.5Hz]
- Un réglage du relais à maximum de tension à 115% de la tension nominale

Les autres hypothèses retenues sont :

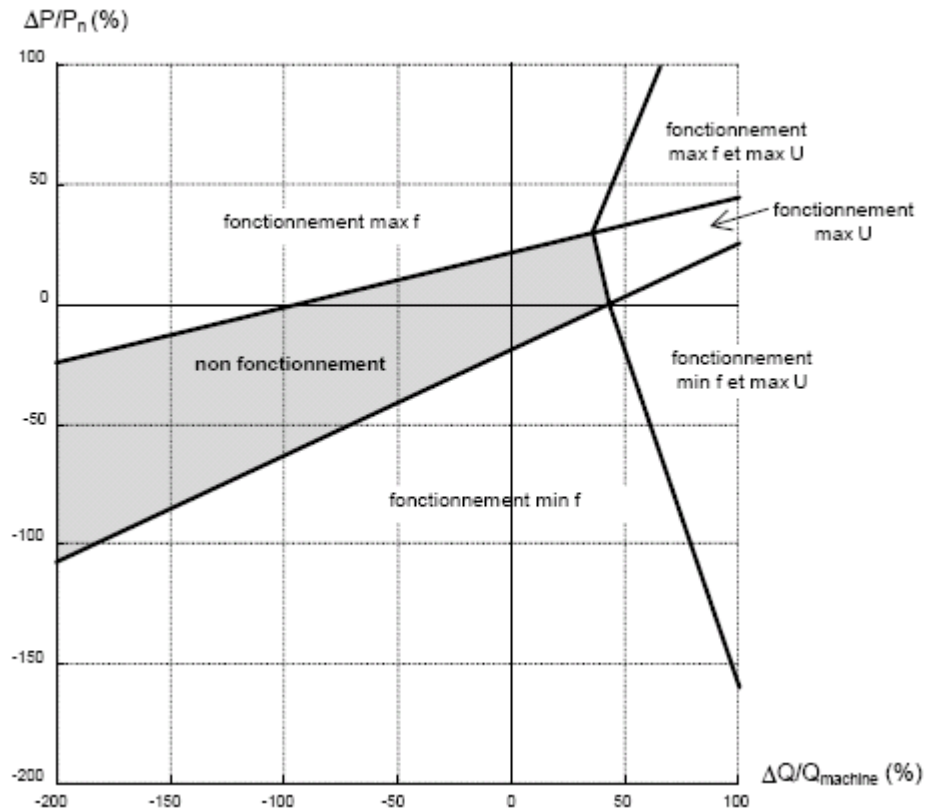
- régulation à  $\tan(\varphi)$  constant sur la machine
- pas de régulation de fréquence sur la machine
- charges mixtes formées de résistance e de machines tournantes

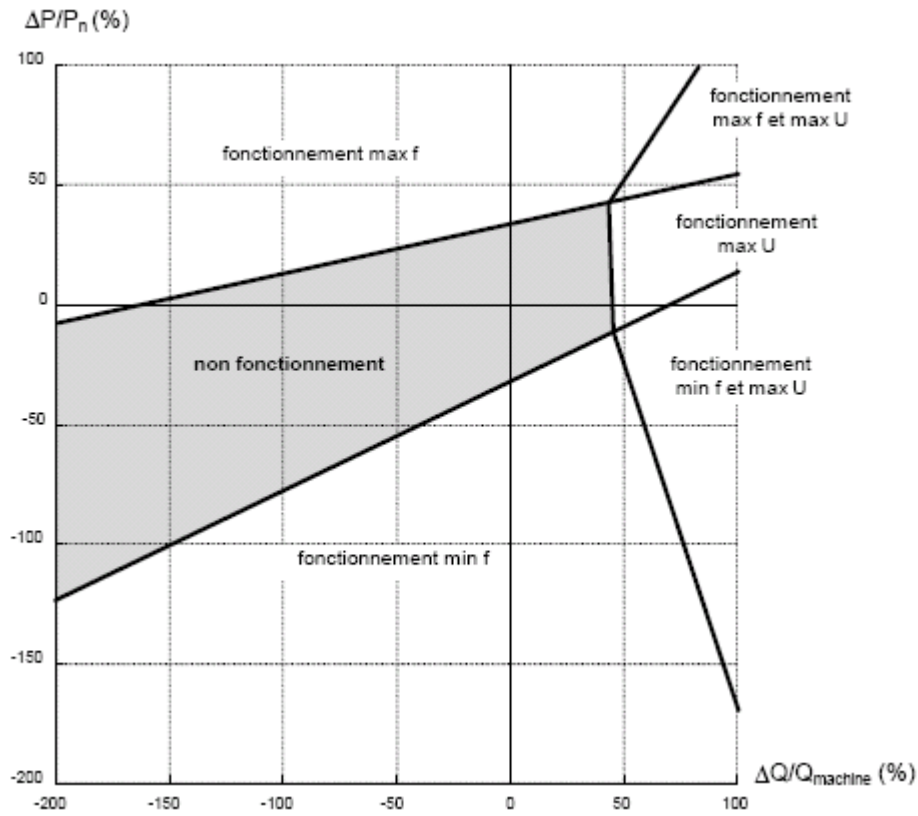
Il est à noter que la tension au point de connection a peu d'incidences sur les résultats.



**Zone de fonctionnement des relais [49.5 – 50.5Hz] pour une inertie de machine  $H = 1s$  à  $115\%$  de tension  $U_n$**

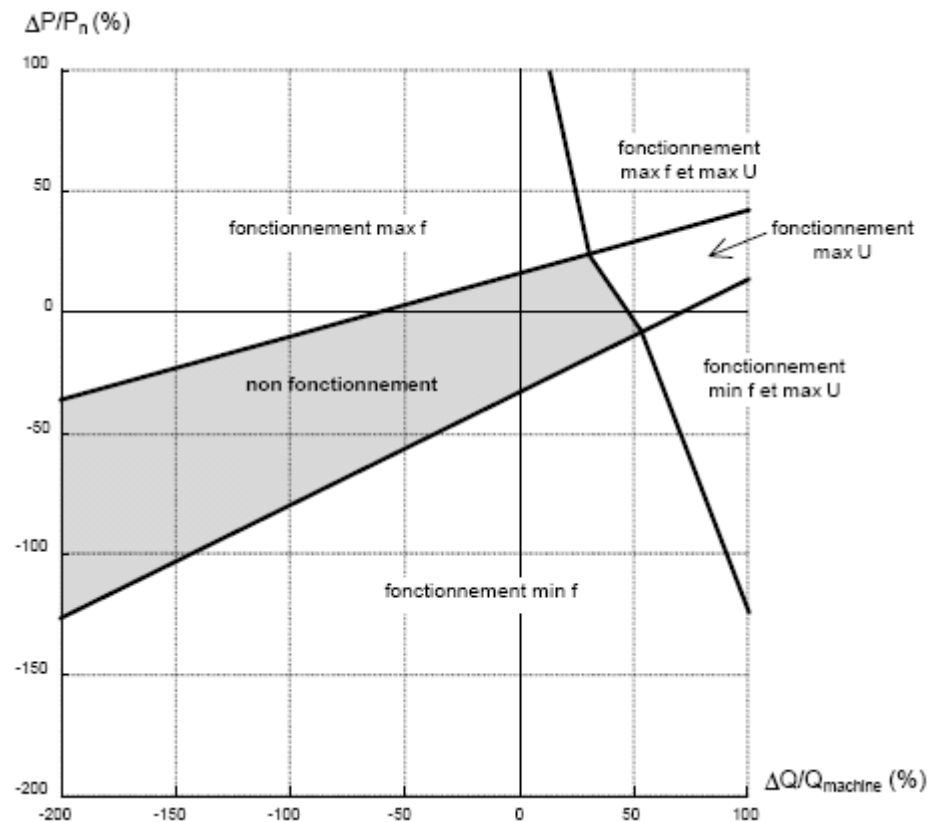
**Zone de fonctionnement des relais [49.5 – 50.5Hz] pour une inertie de machine  $H = 3s$  à  $115\%$  de tension  $U_n$**

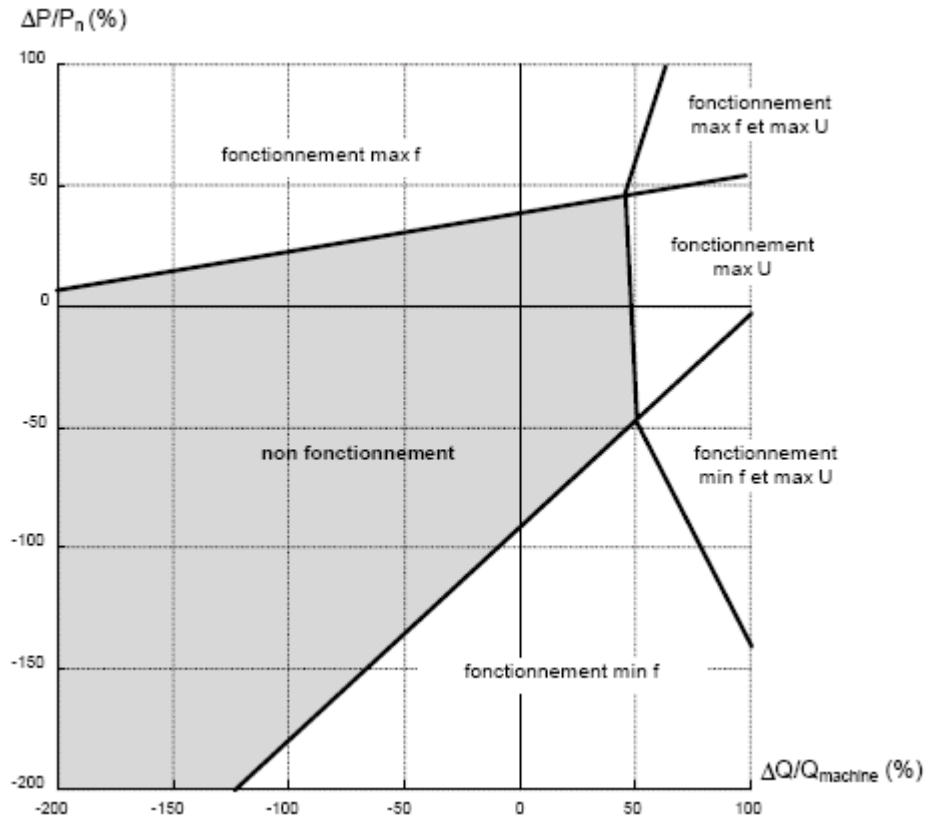




**Zone de fonctionnement des relais [49.5 – 50.5Hz] pour une inertie de machine H = 5s à 115% de tension Un**

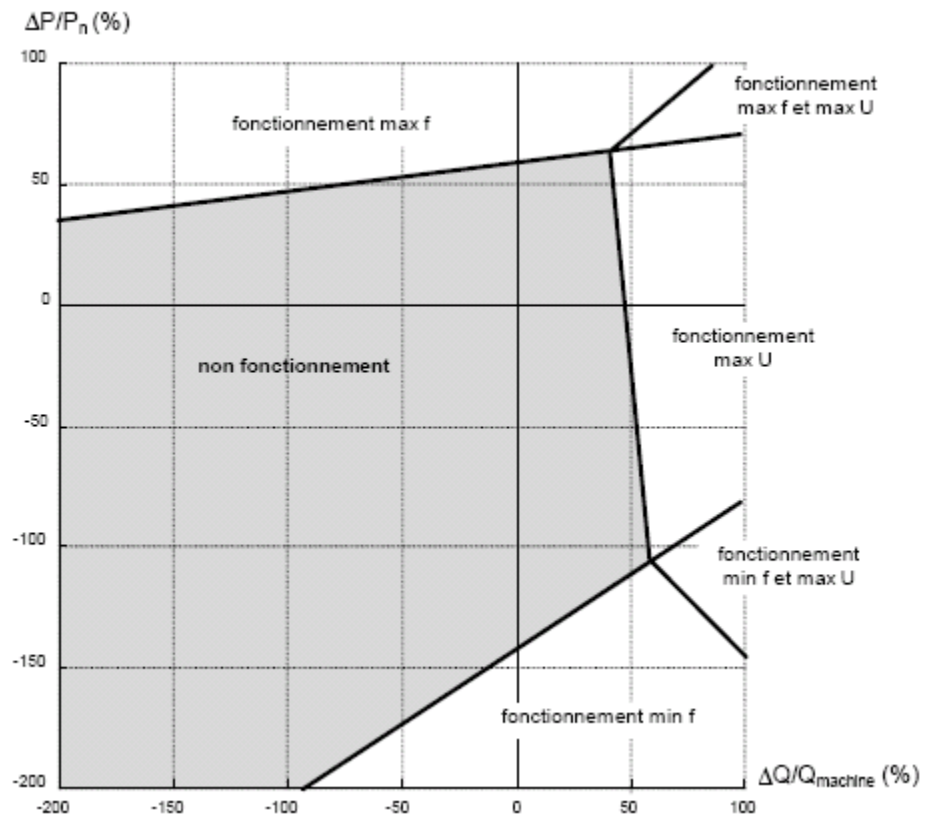
**Zone de fonctionnement des relais [47.5 – 51Hz] pour une inertie de machine H = 1s à 115% de tension Un**





**Zone de fonctionnement des relais [47.5 – 51Hz] pour une inertie de machine  $H = 3s$  à 115% de tension  $U_n$**

**Zone de fonctionnement des relais [47.5 – 51Hz] pour une inertie de machine  $H = 5s$  à 115% de tension  $U_n$**



- **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 :

$$H_{\text{éq}} = \Sigma (H_i * P_i) / \Sigma P_i$$

- **Risque de maintien en réseau séparé en présence de plusieurs 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 un 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.

## Annexes

Il est à noter que la protection de type B.1, nommée aussi protection de type 2.1, doit pouvoir déceler les différents types de défauts grâce à des relais de surveillance de la fréquence et de la tension BT au point de raccordement d'un client producteur ; en supposant que la variation de ces grandeurs, qui résulte du passage en réseau séparé, soit suffisamment rapide et importante pour se traduire par un découplage quasi instantané.

Il est à noter que la protection de type B.2, nommée aussi protection de type 2.2, est une version simplifiée de la protection B.1, pour les sites de très faible puissance. Cette protection ne comporte que des relais de surveillance de la tension BT au point de raccordement d'un client producteur.

En ce qui concerne les protections de type H, leur constitution, leurs avantages et inconvénients sont les critères de choix selon le cas rencontré.

	Avantages	Inconvénients
Protection de type H.1 nommée encore 1.1	ne nécessite pas mise en œuvre dispositif additionnel car action instantanée alimentation des relais et de la commande en alternatif	découplages injustifiés faux découplages
Protection de type H.2 nommée encore 1.2	alimentation des relais et de la commande en alternatif sélectivité assurée par la temporisation des relais	nécessite dispositif mise en Régime Spécial d'Exploitation relais présence tension au disjoncteur HTA contre faux découplages
Protection de type H.3 nommée encore 1.3	suppression des découplages injustifiés	nécessite dispositif mise en Régime Spécial d'Exploitation nécessité alimentation auxiliaire à courant continu nécessité d'un relais présence tension au poste source
Protection de type H.4 nommée encore 1.4	découplage rapide ne nécessite pas mise en œuvre dispositif additionnel car action instantanée	nécessité alimentation auxiliaire à courant continu coût de fonctionnement du à une technicité compliquée

