

Mode d'emploi des fiches de collecte de renseignements pour une étude de faisabilité ou détaillée (avec ou sans Proposition Technique et Financière) dans le cadre du raccordement d'une centrale de production de plus de 250 kVA au réseau HTA de distribution exploité par ERDF

Identification : **ERDF-OPE-RES_02E**

Version : **5**

Nombre de pages : 17

Version	Date d'application	Nature de la modification	Annule et remplace
2	13/05/2005	Remise en forme graphique pour le référentiel technique – nouveau lien vers le site d'ERDF	
3	13/10/2006	Changement d'identité visuelle	
4	01/05/2008	Prise en compte de l'identité visuelle d'ERDF	OPE-RES_04E
5	01/12/2008	Prise en compte du Décret n°2008-386 et de l'Arrêté du 23 avril 2008.	

Résumé / Avertissement

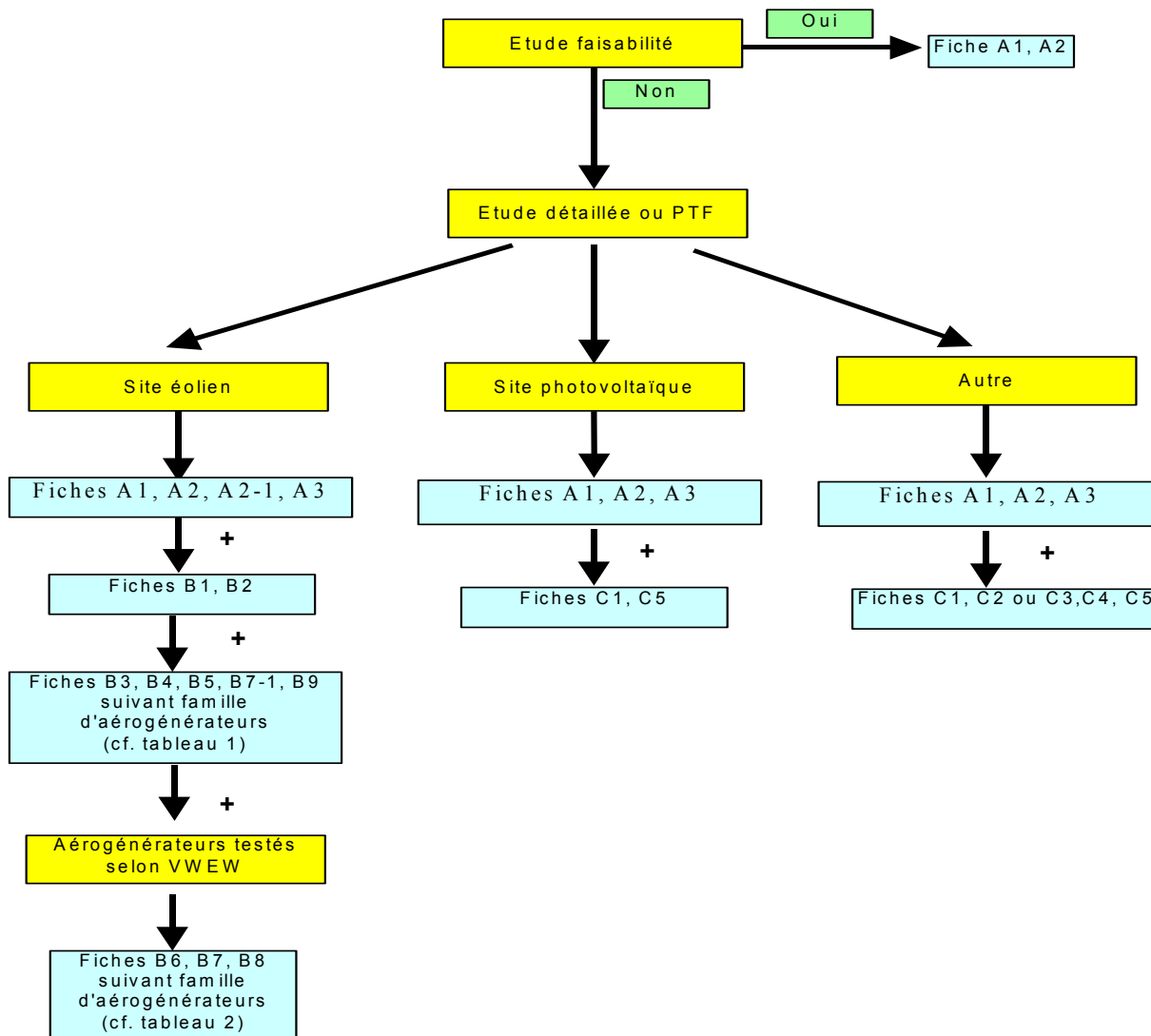
Ce document est le mode d'emploi permettant de remplir les différentes fiches techniques à remplir par un demandeur dans le cadre d'une demande de raccordement d'une centrale de production de plus de 250 kVA.

SOMMAIRE

1 Explications sur les fiches de collecte	4
1.1 Fiches de renseignement sur le site (fiches A)	5
1.2 Fiches de renseignement sur les machines de production (fiches B, C et D)	6
1.2.1 Site éolien	6
1.2.2 Site non éolien	7
2 Site éolien – Famille d'aérogénérateurs :	7
3 Fiche A2.....	13
4 Explication sur les données fournies dans la fiche B4 : machine asynchrone de l'aérogénérateur	13
4.1 Utilisation des données	13
4.2 Vérifications et calculs réalisés	13
4.2.1 Vérification du couplage.....	14
4.2.2 Calcul des paramètres I_d/I_n et $\cos(\phi_{id})$	17
5 Fiche B7-1 : convertisseur statique au rotor, couplé au réseau – comportement en cas de court-circuit en sortie aérogénérateur.....	17

Mode d'emploi des fiches de collecte de renseignements pour une étude de faisabilité ou détaillée (avec ou sans Proposition Technique et Financière) dans le cadre du raccordement d'une centrale de production de plus de 250 kVA au réseau HTA de distribution exploité par ERDF

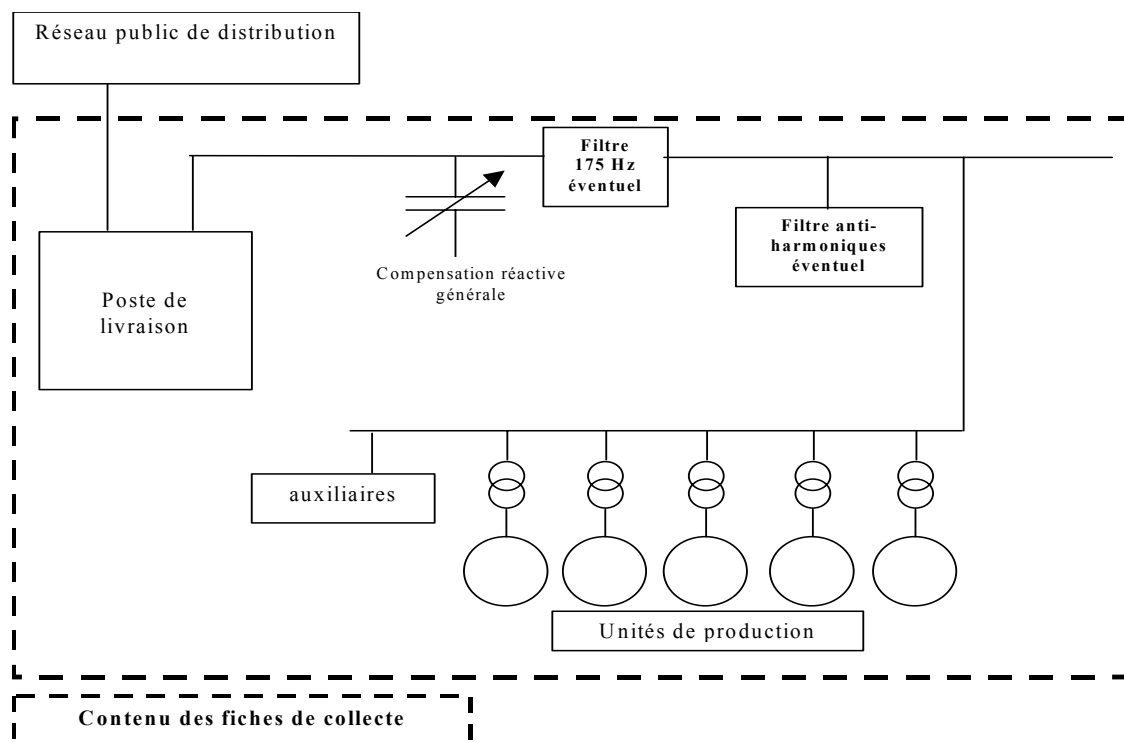
Quelles fiches remplir ?



1 Explications sur les fiches de collecte

Une installation de production raccordée en HTA est composée schématiquement d'un poste de livraison assurant l'interface entre le réseau public de distribution inclus dans la concession de distribution et l'installation électrique intérieure. Cette dernière dessert les équipements généraux servant à assurer son bon fonctionnement ainsi que les unités de production proprement dites, avec leurs auxiliaires.

Les fiches de collecte décrites dans ce document permettent de renseigner les caractéristiques de tous les constituants de l'installation de production, à l'exception des consommations autres que les auxiliaires de production. Par conséquent, si le producteur prévoit la création ou l'ajout d'équipement consommateurs dans son site, il devra également déposer une fiche de collecte qui leur est spécifique. Il en est de même si l'installation de production contient déjà des consommations réputées perturbatrices. Cette fiche est disponible auprès de l'ARD.



Mode d'emploi des fiches de collecte de renseignements pour une étude de faisabilité ou détaillée (avec ou sans Proposition Technique et Financière) dans le cadre du raccordement d'une centrale de production de plus de 250 kVA au réseau HTA de distribution exploité par ERDF

La collecte des données techniques des installations à raccorder en HTA se fait en deux parties :

- collecte des renseignements sur le site de production; celle-ci permet de prendre connaissance de la constitution générale du site et de caractériser les éventuels équipements généraux permettant son bon fonctionnement (gradins de **compensation générale**, par opposition aux gradins de compensation **propres à chaque unité** de production, **filtres 175 Hz, centrale de gestion des machines, ...**) ;
- collecte des renseignements sur les unités de production elles-mêmes; celle-ci se fait par l'intermédiaire des fiches B pour les installations éoliennes et C pour les installations hors éolien.

D'autre part, la procédure de traitement des demandes de raccordement 07 juin 2004 prévoit une étude de faisabilité pour les installations de moins de 2,5 MW, nécessitant un nombre réduit d'informations. Celles-ci sont à renseigner dans les fiches A1 et A2, communes aux sites éoliens et non éoliens.

Les fiches de collecte doivent être transmises en triple exemplaire, ainsi que les documents qui doivent les accompagner, à l'exception de la documentation technique générale sur les machines de production qui peuvent être transmises en un seul exemplaire.

1.1 Fiches de renseignement sur le site (fiches A)

Les fiches A1, A2, A3 doivent être remplies. La fiche A2-1 doit être remplie uniquement si le site est éolien.

Les fiches sont au nombre de 4.

Fiche A1 : Données générales du projet.

Fiche A2 : Caractéristiques du site.

Fiche A2-1 : Caractéristiques du site éolien.

Fiche A3 : Caractéristiques du filtre 175 Hz.

1.2 Fiches de renseignement sur les machines de production (fiches B, C et D)

1.2.1 Site éolien

Il s'agit de décrire précisément chaque type d'aérogénérateur constituant la ferme éolienne.

Il doit figurer autant de jeux de fiches B qu'il y a de modèles (marque + type) d'aérogénérateurs dans le site.

Les fiches sont au nombre de 9 :

Fiche B1 : Description générale d'un aérogénérateur.

Fiche B2 : Transformateur d'évacuation de l'aérogénérateur.

Fiche B3 : Machine synchrone de l'aérogénérateur.

[Fiche B4](#) : Machine asynchrone de l'aérogénérateur.

Fiche B5 : Batteries de condensateurs de compensation propres à l'aérogénérateur.

Fiche B6 : Dispositif de limitation du courant de couplage/découplage.

Fiche B7 : Convertisseur statique au rotor couplé au réseau.

[Fiche B7-1](#) : Convertisseur statique au rotor couplé au réseau – comportement en cas de court-circuit en sortie d'aérogénérateur.

Fiche B8 : Dispositif de régulation au rotor non couplé au réseau.

Fiche B9 : Convertisseur statique au stator assurant le transit total de puissance.

Les fiches B1 et B2 doivent être systématiquement complétées pour chaque modèle d'aérogénérateur.

Les fiches B3 à B9 sont à compléter en fonction de la famille du modèle d'aérogénérateur et de la variante.

- Tableau 1 : comment choisir entre les fiches B3, B4, B5 et B9 ?

Famille/variante	1	2	2 bis	3	3 bis	4	4 bis	4-ter	5	5 bis	5 ter	6
Fiches	B3	B4 - B5	B4 – B5	B4 – B5	B4 – B5	B4	B4	B4	B4 – B5	B4 – B5	B4 – B5	B9

- Tableau 2 : comment choisir entre les fiches B6, B7, B7-1 et B8 ?

Famille/variante	1	2	2 bis	3	3 bis	4	4 bis	4-ter	5	5 bis	5 ter	6
Fiches			B6		B6	B7 – B7-1	B6 – B7 – B7-1	B7 – B7-1	B8	B6 – B8	B6 – B8	

Remarques importantes

- La fourniture dans la fiche B1 de toutes les données relatives au flicker de type 1 et 2 et aux harmoniques ainsi que des rapports de tests réalisés pour l'obtention de ces données par un laboratoire accrédité selon la norme CEI 61400-21 dispense de remplir les fiches B6, B7, ou B8.
- Dans la fiche B1, le tableau des injections harmoniques par rang n'est à remplir que pour les installations de production de famille 4 et 6.

1.2.2 Site non éolien

Il doit figurer autant de jeux de fiches C qu'il y a de modèles (marque + type) de machines de production dans le site.

Les fiches sont au nombre de 5:

Fiche C1 : Transformateurs de débit des machines.

Fiche C2 : Machines synchrones.

Fiche C3 : Machines asynchrones.

Fiche C4 : Batteries de condensateurs de compensation propres à la machine.

Fiche C5 : Onduleurs assurant le transit total de puissance.

2 Site éolien – Famille d'aérogénérateurs :

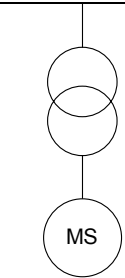
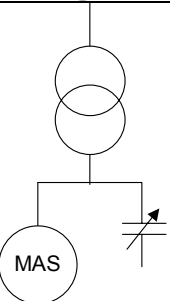
Les aérogénérateurs peuvent, comme tenu de la technologique actuelle, être classés en 6 familles, avec d'éventuelles sous-variantes dans une famille donnée :

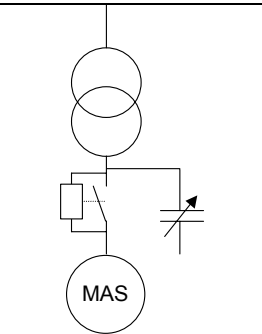
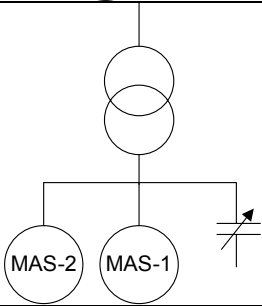
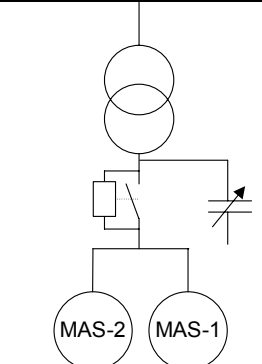
- famille 1 : aérogénérateur équipé d'une machine synchrone et dépourvue d'électronique de puissance,
- famille 2 : aérogénérateur équipé d'une unique machine asynchrone et dépourvu d'électronique de puissance, à l'exception d'un éventuel limiteur de courant au couplage,
- famille 3 : aérogénérateur équipé de deux machines asynchrones et dépourvu d'électronique de puissance, à l'exception d'un éventuel limiteur de courant au couplage,
- famille 4 : aérogénérateur équipé d'une ou deux machines asynchrones avec cascade hypersynchrone,
- famille 5 : aérogénérateur équipé d'une ou deux machines asynchrones avec dispositif de contrôle de la résistance rotorique,
- famille 6 : aérogénérateur équipé d'une interface électronique intégrale.

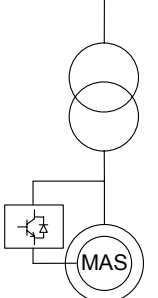
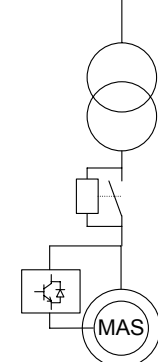
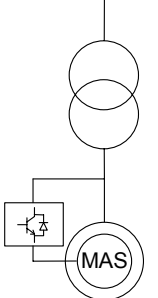
Le tableau ci-dessous décrit plus en détail ces 6 familles et leurs variantes. Par défaut, les aérogénérateurs sont considérés avec un transformateur HTA/BT, la présence de ce transformateur n'est pas considérée comme un critère de classification des aérogénérateurs. Les batteries de condensateurs sont représentées lorsque l'aérogénérateur peut en être équipé pour compenser sa consommation propre de puissance réactive. Le point de raccordement des batteries de condensateurs n'est pas considéré comme un critère de classification des aérogénérateurs. Aucun contacteur, interrupteur ou disjoncteur n'est représenté en dehors d'un éventuel dispositif de limitation du courant de couplage. Les éventuels filtres anti-harmoniques ne sont pas représentés.

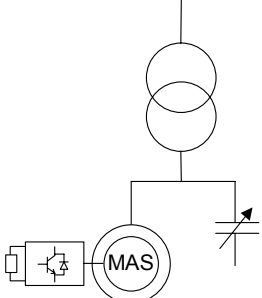
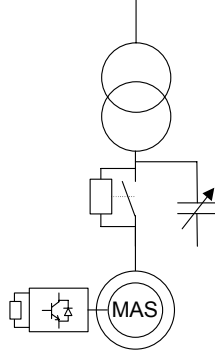
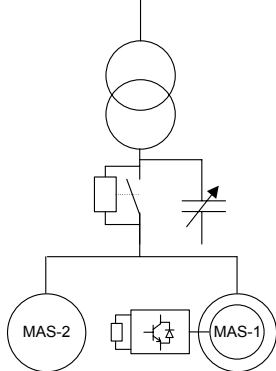
Ce tableau donne pour chaque famille d'aérogénérateurs identifiée :

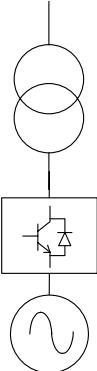
- le numéro de famille,
- les caractéristiques (désignation des éléments constitutifs),
- une représentation simplifiée,
- la liste des fiches de collecte « de type B » à compléter.

Famille / variante	Caractéristiques	Représentation	Fiches de collecte à compléter
1	<p>machine synchrone</p> <p>- sans condensateurs</p>		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur.</p> <p>B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur.</p> <p>B3 : Machine synchrone de l'aérogénérateur.</p>
2	<p>machine asynchrone unique</p> <p>- sans dispositif de limitation du courant de couplage</p> <p>- avec condensateurs</p>		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur.</p> <p>B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur.</p> <p>B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur.</p> <p>B5 : Batteries de condensateurs de compensation propres à l'aérogénérateur.</p>

Famille / variante	Caractéristiques	Représentation	Fiches de collecte à compléter
2-bis	<p>machine asynchrone unique</p> <ul style="list-style-type: none"> - avec dispositif de limitation du courant de couplage (électronique ou impédant) - avec condensateurs 		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur. B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur. B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur. B5 : Batteries de condensateurs de compensation propres à l'aérogénérateur. B6 : Dispositif de limitation du courant de couplage/découplage.</p>
3	<p>double machine asynchrone</p> <ul style="list-style-type: none"> -sans dispositif de limitation du courant de couplage - avec condensateurs 		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur. B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur. 2 x B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur. B5 : Batteries de condensateurs de compensation propres à l'aérogénérateur.</p>
3-bis	<p>double machine asynchrone</p> <ul style="list-style-type: none"> - avec dispositif de limitation du courant de couplage (électronique ou impédant) - avec ou sans condensateurs 		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur. B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur. 2 x B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur. B5 : Batteries de condensateurs de compensation propres à l'aérogénérateur. B6 : Dispositif de limitation du courant de couplage/découplage.</p>

Famille / variante	Caractéristiques	Représentation	Fiches de collecte à compléter
4	<p>machine asynchrone</p> <ul style="list-style-type: none"> - avec convertisseur statique au rotor couplé au réseau - sans dispositif de limitation du courant de couplage - sans condensateurs 		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur. B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur. B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur. B7 : Convertisseur statique au rotor couplé au réseau. B7-1 : Convertisseur statique au rotor couplé au réseau. –comportement sur court-circuit</p>
4-bis	<p>machine asynchrone</p> <ul style="list-style-type: none"> - avec convertisseur statique au rotor couplé au réseau - avec dispositif de limitation du courant de couplage (électronique ou impédant) - sans condensateur 		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur. B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur. B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur. B6 : Dispositif de limitation du courant de couplage/découplage. B7 : Convertisseur statique au rotor couplé au réseau. B7-1 : Convertisseur statique au rotor couplé au réseau. –comportement sur court-circuit</p>
4-ter	<p>double machine asynchrone</p> <ul style="list-style-type: none"> - avec convertisseur statique au rotor couplé au réseau - sans dispositif de limitation du courant de couplage - sans condensateur 		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur. B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur. 2 x B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur. B7 : Convertisseur statique au rotor couplé au réseau. B7-1 : Convertisseur statique au rotor couplé au réseau. –comportement sur court-circuit</p>

Famille / variante	Caractéristiques	Représentation	Fiches de collecte à compléter
5	<p>machine asynchrone</p> <ul style="list-style-type: none"> - avec dispositif de régulation au rotor non couplé au réseau - sans dispositif de limitation du courant de couplage - avec condensateurs 		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur. B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur. B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur. B5 : Batteries de condensateurs de compensation propres à l'aérogénérateur. B8 : Dispositif de régulation au rotor non couplé au réseau.</p>
5-bis	<p>machine asynchrone</p> <ul style="list-style-type: none"> - avec dispositif de régulation au rotor non couplé au réseau - avec dispositif de limitation du courant de couplage - avec condensateurs 		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur. B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur. B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur. B5 : Batteries de condensateurs de compensation propres à l'aérogénérateur. B6 : Dispositif de limitation du courant de couplage/découplage. B8 : Dispositif de régulation au rotor non couplé au réseau.</p>
5-ter	<p>double machine asynchrone</p> <ul style="list-style-type: none"> - une machine sans disposition particulière - une machine avec dispositif de régulation au rotor non couplé au réseau - avec dispositif de limitation du courant de couplage - avec condensateurs 		<p>B1 : Description générale d'un aérogénérateur. B2 : Transformateur de débit de l'aérogénérateur. 2 x B4 : Machine asynchrone de l'aérogénérateur. B5 : Batteries de condensateurs de compensation propres à l'aérogénérateur. B6 : Dispositif de limitation du courant de couplage/découplage. B8 : Dispositif de régulation au rotor non couplé au réseau.</p>

Famille / variante	Caractéristiques	Représentation	Fiches de collecte à compléter
6	<p>machine synchrone, asynchrone ou à aimant permanent</p> <ul style="list-style-type: none"> - avec convertisseur statique assurant le transit total de puissance - sans condensateurs 	 <p>Le schéma représente un aéro-générateur (cercle supérieur) connecté à un transformateur (cercle inférieur). Le générateur est relié à un convertisseur statique (carré avec diodes et thyristors) qui assure le transit total de puissance. Le convertisseur est relié à un autre transformateur (cercle inférieur) qui est connecté à un réseau HTA (cercle avec une onde sinusoïdale).</p>	<p>B1 : Description générale d'un aéro-générateur.</p> <p>B2 : Transformateur de débit de l'aéro-générateur.</p> <p>B9 : Convertisseur statique au stator assurant le transit total de puissance.</p>

3 Fiche A2

Les données de la fiche A2 servent de base au dimensionnement du raccordement de l'installation et notamment :

La Puissance de production installée « P_{max} » : correspond à la puissance qui figure (qui figurera) dans la déclaration ou la demande d'autorisation d'exploiter.

Pour l'application des dispositions de l'arrêté du 23 avril 2008, « P_{max} » désigne la puissance installée définie à l'article 1 du décret du 7 septembre 2000.

Par convention, la puissance « P_{max} » est la puissance active pour l'installation de production raccordée en HTA

La Puissance de production maximale nette livrée au réseau public est la puissance de raccordement en injection.

Cette puissance est calculée par le demandeur à partir de la puissance nominale de fonctionnement des ouvrages de production installés déduction faite de la consommation minimale des auxiliaires et des autres consommations minimales uniquement si ces dernières soutirent conjointement lors des périodes de production.

Cette puissance représente donc la puissance maximale délivrée au réseau en valeurs 10 minutes (qui ne sera jamais dépassée), elle doit donc tenir compte des éventuels dépassements de la puissance nominale de fonctionnement.

Par définition $P_{inj} \leq P_{max}$

4 Explication sur les données fournies dans la fiche B4 : machine asynchrone de l'aérogénérateur

4.1 Utilisation des données

Les données contenues dans la fiche B4 sont utilisées notamment pour réaliser les études de tenue aux courants de court-circuit, de plan de protection et d'impact sur la transmission tarifaire. Ces études sont fondées sur la modélisation des éoliennes en terme d'impédances, c'est pourquoi cette fiche concerne la modélisation de la génératrice seule sans tenir compte de l'électronique de puissance.

4.2 Vérifications et calculs réalisés

Une vérification des caractéristiques principales de la machine asynchrone (couplage dans lequel les impédances sont fournies, P_n , S_n , $\cos\phi_i$, I_d/I_n , $\cos\phi_{id}$, ...) à partir des 6 impédances du modèle usuel en régime permanent est réalisée.

Les données nécessaires à la vérification sont :

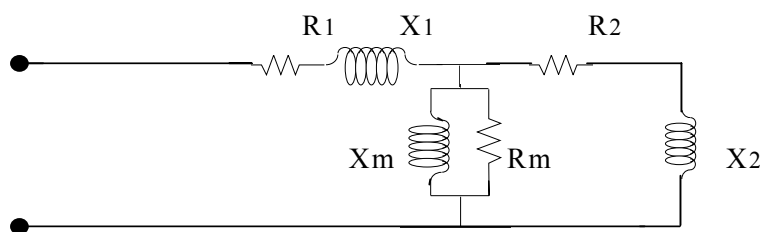
- Puissance apparente nominale électrique (de la machine seule, sans tenir compte de la compensation par condensateurs ou électronique)
- Tension de sortie assignée
- Cos Phi nominal (sans tenir compte de la compensation par condensateurs ou électronique)

Mode d'emploi des fiches de collecte de renseignements pour une étude de faisabilité ou détaillée (avec ou sans Proposition Technique et Financière) dans le cadre du raccordement d'une centrale de production de plus de 250 kVA au réseau HTA de distribution exploité par ERDF

- Courant nominal (I_{nominal}^1)
- Couplage
- $I_{\text{démarrage}} / I_{\text{nominal}}^2$ (rotor bloqué)
- Glissement nominal en fonctionnement moteur
- $R_1, X_1, R_2, X_2, R_m, X_m$

4.2.1 Vérification du couplage

Les constructeurs fournissent les caractéristiques propres telles que la tension d'alimentation, la puissance apparente S_n , le facteur de puissance $\cos\phi$, le glissement nominal g_n , le couplage et tiennent à disposition de l'utilisateur les données relatives au modèle équivalent de la machine asynchrone dont une représentation est proposée ci-dessous :



Equivalent à
 $[(R_2/g_n + X_2) // (R_m // X_m)] + (R_1 + X_1)$

Modèle équivalent d'une machine asynchrone

La première étape consiste à vérifier que les paramètres équivalents fournis sont cohérents entre eux et cohérents avec le couplage indiqué. Pour cela, on calcule alors en régime nominal :

$$Z_n = R_n + jX_n$$

Puis ensuite les puissances apparente et active en étoile et en triangle :

¹ I_{nominal} de la machine seule, sans tenir compte de la compensation par condensateurs ou électronique

² I_{nominal} = identique à la note précédente

Mode d'emploi des fiches de collecte de renseignements pour une étude de faisabilité ou détaillée (avec ou sans Proposition Technique et Financière) dans le cadre du raccordement d'une centrale de production de plus de 250 kVA au réseau HTA de distribution exploité par ERDF

$$S_n \text{ recalculée triangle} = 3 \frac{U_n^2}{Z_n}$$

$$S_n \text{ recalculée étoile} = \frac{U_n^2}{Z_n}$$

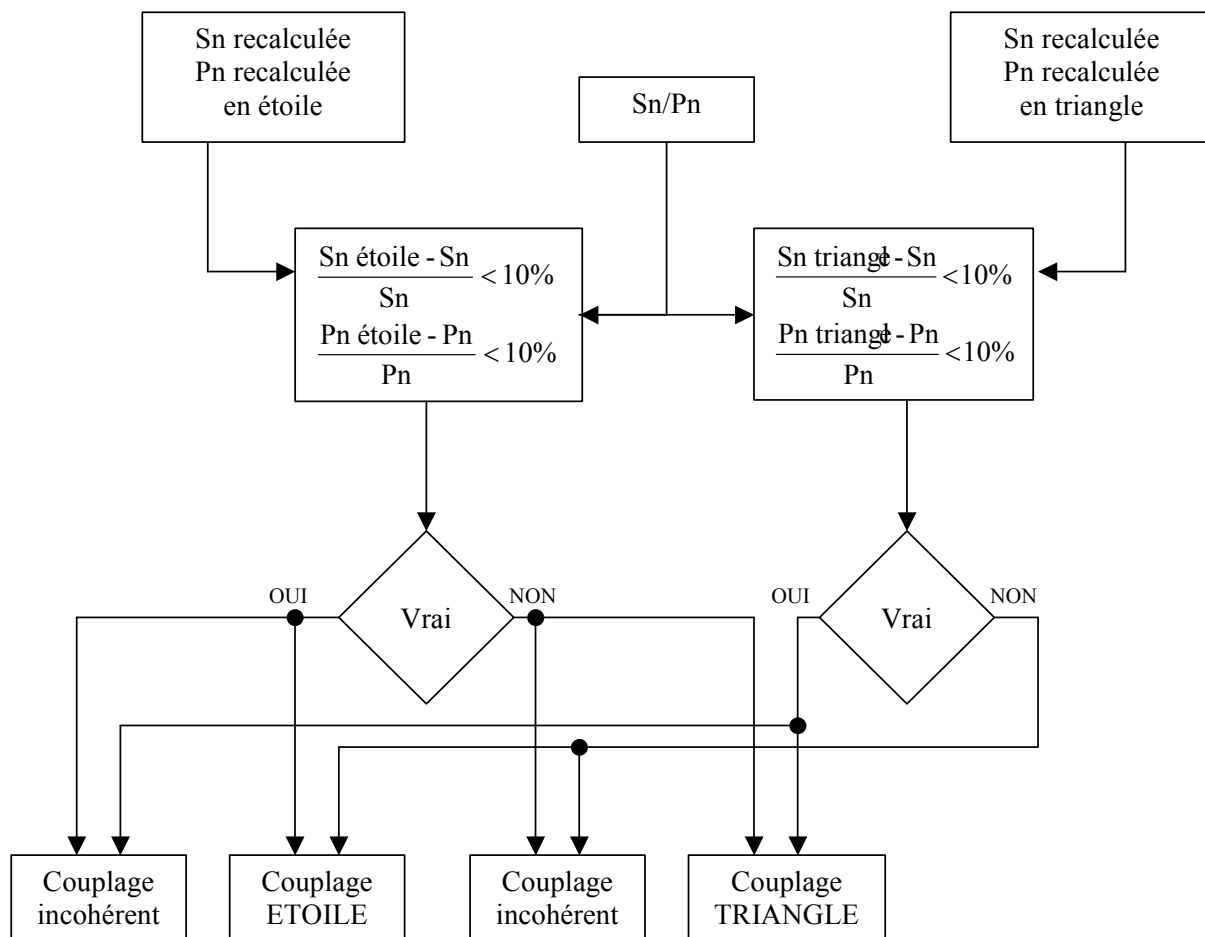
$$P_n \text{ recalculée triangle} = S_{n \text{ triangle}} \frac{R_n}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

$$P_n \text{ recalculée étoile} = S_{n \text{ étoile}} \frac{R_n}{\sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

Mode d'emploi des fiches de collecte de renseignements pour une étude de faisabilité ou détaillée (avec ou sans Proposition Technique et Financière) dans le cadre du raccordement d'une centrale de production de plus de 250 kVA au réseau HTA de distribution exploité par EDF

Les vérifications du couplage sont obtenues par comparaison des valeurs recalculées de Sn et Pn avec celles fournies.

Si l'une des deux valeurs recalculées présentent une erreur supérieure à 10% par rapport à la valeur fournie, le couplage est dit « incohérent ». La vérification du couplage est illustrée ci dessous.



Organigramme de vérification de la cohérence du couplage de la machine étudiée

Mode d'emploi des fiches de collecte de renseignements pour une étude de faisabilité ou détaillée (avec ou sans Proposition Technique et Financière) dans le cadre du raccordement d'une centrale de production de plus de 250 kVA au réseau HTA de distribution exploité par EDF

4.2.2 Calcul des paramètres I_d/I_n et $\cos(\phi_{id})$

La deuxième étape consiste à calculer des paramètres équivalents en régime de démarrage :

$$Z_d = R_d + jX_d = [(R_2 + X_2) // (R_m // X_m)] + (R_1 + X_1)$$

$$\text{Puis } I_d/I_n = \frac{Z_n}{Z_d} \text{ et } \cos\phi_d \text{ recalculée} = \frac{R_d}{\sqrt{R_d^2 + X_d^2}}$$

5 Fiche B7-1 : convertisseur statique au rotor, couplé au réseau – comportement en cas de court-circuit en sortie aérogénérateur

Les machines asynchrones à convertisseur statique au rotor couplé au réseau ont dans la plupart des cas un comportement identique à celui d'une machine asynchrone lors d'un court-circuit (ceci étant dû à la mise en court-circuit de la partie rotorique).

Cependant, certaines machines ont un comportement différent, par conséquent cette fiche est destinée dans ce cas à connaître le comportement de l'ensemble « génératrice – électronique » en cas de court circuit en sortie aérogénérateur.