

Services systèmes apportés par les différentes sources ENR et solutions de régulations dans les ZNI

Objectif : mix énergétique 100 % ENR

| Service système | Type de production | Tenue en tension | Tenue en Fréquence | Suivi de charge | Dispachabilité | Réserve tournante (primaire) | Réserve secondaire | Réserve tertiaire (secours) | Gestion du réactif | Soutien de la tension | Inertie (courant de CC) | Black start |
|------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------|
| Source | | | | | | | | | | | | |
| Diesels | alternateur | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui si fait partie CdC | Non/Oui | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Turbines à Combustion | alternateur | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui (sa fonction) | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Photovoltaïque sans stockage | électronique | Si réglage onduleurs | Si réglage onduleurs | Non (fatal) | Non (fatal) | Non (fatal) | Non | Non | Si réglage onduleurs | Non | Non | Non |
| Photovoltaïque avec stockage | électronique | Si réglage onduleurs | Si réglage onduleurs | Partiel (limite batterie) | Non | Oui si fait partie CdC | Oui si fait partie CdC | Non | Si réglage onduleurs | Non | Non | Non |
| Eolien au fil du vent | alternateur | Oui | Oui | Non (fatal) | Non (fatal) | Non (fatal) | Non | Non | Oui | Oui | Oui | Non |
| Eolien avec stockage | alternateur | Oui | Oui | Partiel (limite batterie) | Non | Oui si fait partie CdC | Oui si fait partie CdC | Non | Oui | Oui | Oui / Non (partie stockage) | Non |
| Hydraulique au fil de l'eau | alternateur | Oui | Oui | Partiel (éclusée) | Non | Oui si fait partie CdC | Oui si fait partie CdC | Non | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Grand barrage | alternateur | Oui | Oui | Oui (selon taille retenue) | Oui (sur une partie des groupes) | Oui | Oui | Non | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Biomasse / déchets | alternateur | Oui | Oui | Oui | Oui (bois stockable de longs mois) | Oui | Oui si fait partie CdC | Non | Oui | Oui | Oui | Oui |
| géothermie | alternateur | Oui | Oui | Non | Non | Oui | Non | Non | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Batteries centralisées | électronique | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui | Non | Oui | Non | Non | Oui |
| Compensateurs synchrones | alternateur | Oui | Oui | Non | Non | Non | Non | Non | Oui | Oui | Oui | Non |
| STEP | alternateur | Oui | Oui | Oui | Oui | Non | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui |

Définitions :

- Type de production : l'électricité est produite soit via une électronique de puissance (onduleurs), convertissant souvent du courant continu en alternatif, soit par des alternateurs, machines tournantes alimentées par une force mécanique (et possédant de l'inertie)
- Tenue en tension et en fréquence : capacité des producteurs à ne pas se déconnecter et à continuer à produire malgré des incursions de fréquence ou de tension du réseau liés à un problème. Par exemple, en cas de perte de production, la fréquence et la tension du réseau chutent et les onduleurs des petites installations PV, réglés pour l'Europe, peuvent se déconnecter pour se protéger et ainsi amplifier le problème.
- Suivi de charge : L'unité est à même d'être piloté pour suivre une demande de production. Ce peut être le passage de pointe, le suivi des variations de la demande ou la compensation des aléas de la production PV.
- Dispatchabilité : l'unité peut être mise en service ou arrêtée à la demande du gestionnaire de réseau. Les énergies dites « fatales » ne sont pas dispatchables.
- Réserve tournante (ou réserve primaire) : réserve de puissance disponible sur le réseau, somme des réserves des différents moyens de production en service à un instant donné. Elle est mobilisée immédiatement par des automatismes internes à chaque moyen de production. Son but est de maintenir l'équilibre offre-demande, et elle est calculée pour compenser la perte d'un moyen de production (normalement du plus gros groupe).
- Réserve secondaire : réserve mobilisable rapidement par une action humaine afin de restaurer au plus vite la réserve primaire, en attendant le démarrage des moyens de secours. Primaire + secondaire doivent légalement tenir 30 mn (dans les faits 15 mn sont suffisants).
- Réserve tertiaire ou secours : moyens de production à même de démarrer pour compenser une perte de production en moins de 30 mn (plutôt 10-15 mn). Ces moyens peuvent aussi être utilisés en soutien des pointes.
- Réactif : le déphasage entre le courant et la tension crée une énergie réactive qui charge inutilement les réseaux (chutes de tension). Cela est compensé par des batteries de condensateurs et par les alternateurs. L'électronique peut aussi le faire si elle est réglée en conséquence.
- Soutien de tension : la tension chute entre les lieux de production et de consommation le long du réseau de transport. Elle doit parfois être soutenue sur certains points du réseau, soit par des productions locales, soit par la simple gestion du réactif avec un alternateur.

Conclusions :

- Les services systèmes ne sont rendus que lorsque les systèmes sont en fonctionnement (sauf pour les batteries sur réseau, toujours en veille et les compensateurs synchrones qui tournent à vide).
- Les énergies renouvelables électroniques n'apportent pas de soutien de tension et d'inertie (courant de court-circuit).
- Les énergies renouvelables à alternateur apportent presque tous les services, en étant plus ou moins pilotables selon leur caractère fatal ou stockable.
- Les centrales PV ou éoliennes avec stockage auraient pu apporter des services systèmes comme la réserve tournante, qui ne leur ont pas été demandés (d'où la mention « Oui si fait partie du cahier des charges »).
- De même, les productions à onduleur pourraient gérer du réactif, si cela leur était demandé (d'où « Si réglage onduleur »).
- Seules les TAC apportent le service de secours (réserve tertiaire), avec la capacité de démarrer en moins de 15 minutes pour un appel de pointe ou compenser un moyen défaillant. EDF annonce que ses nouveaux moteurs diesels, s'ils sont réglés pour fonctionner au fuel léger, sont à même de rendre ce service (mais coût d'investissement plus élevé qu'une TAC) :
- ➔ Il sera difficile de se passer de TACS en secours même en 100 % ENR (TAC aux biodiesels ?)
- Une campagne de contrôle et de réglage des onduleurs de petites installations PV doit être menée pour garantir qu'ils sont adaptés aux incursions de fréquence et de tension des ZNI.
- Les ENR qui le peuvent doivent être mobilisés pour des services de réserve primaire, de suivi de charge, de réserve secondaire, d'inertie, etc
- Tous les services liés à l'équilibre production / consommation peuvent être rendus par des batteries, à l'exception de l'inertie
- EDF a soulevé un besoin nouveau de réserve secondaire (mobilisée en quelques secondes en attendant les moyens de secours), qui peuvent être rendus selon eux par des diesels (mais au prix de les faire tourner à plus faible charge), mais peuvent aussi l'être par des batteries, par de l'hydrogène ou par du stockage hydraulique (ci-dessous).
- Ainsi, des STEP (et demain du stockage d'hydrogène) peuvent venir en complément des batteries, avec des capacités de stockage plus importantes, donc de suivi de charge et de réserve secondaire (mais pas primaire le temps de les mettre en route).

- Inertie ou courant de court-circuit : en cas de court-circuit sur un réseau électrique, des protections (disjoncteurs, ...) doivent s'enclencher. Pour cela, malgré l'appel de puissance important que représente le défaut, la tension du réseau ne doit pas s'effondrer avant que les protections n'aient sauté, sinon le défaut persiste. Il y a donc danger et parfois difficulté à redémarrer le système. L'électronique n'apporte pas d'inertie, contrairement aux machines tournantes. Cette inertie représente aussi une réserve primaire physique, utilement présente avant que l'électronique des batteries ne s'enclenche.
- Black Start : capacité à redémarrer seul après un black-out. Certains moyens de production tournant ont besoin d'être excités par le réseau (donc à préciser dans leur cahier des charges) et l'électronique a besoin du signal du réseau pour se mettre en service (sauf peut-être pour les systèmes sur batterie ?)

- Le réactif, le soutien de tension et l'inertie peuvent être apportés à bon compte par des compensateurs synchrones (alternateurs tournant à vide alimentés par des moteurs électriques (ou par eux même ?). Ceux-ci peuvent être réalisés à bas coût sur la base d'anciennes installations réformées (TAC ou diesels, ...)
- ⇒ Les principaux services systèmes peuvent aujourd'hui être rendus par des moyens externes aux outils de production réguliers (TAC, batteries, STEP, compensateurs, synchrones, ...).
- ⇒ Nous aurons de plus en plus de moyens de productions différents dans nos mix électriques, qui ne produiront pas tout le temps. Investir dans des services systèmes sur chacun d'entre eux peut s'avérer coûteux.
- ⇒ **Dans l'idée d'une production 100 % ENR, une réflexion doit s'engager sur la meilleure manière de rendre ces différents services systèmes** en terme de coût, de fiabilité, de rapidité de réaction et de facilité de gestion par le gestionnaire de réseau : faut-il les demander à chaque producteurs ENR ou vaut-il mieux les fournir par des moyens dédiés pilotés par le gestionnaire de réseau ? **Une étude technico-économique devrait être réalisée en urgence d'ici fin 2018 pour nous aider dans la rédaction des PPE (avec le soutien de la DGEC et de la CRE).**
- ⇒ La gestion des systèmes de protection du réseau (donnée nouvelle dont EDF souhaite faire évoluer la régulation) doit aussi être intégrée dans ces réflexions (impact sur les moyens de rendre les services systèmes, besoins en courant de court-circuit = inertie, ...)

⇒