

Equilibre du réseau électrique¹

1. GÉNÉRALITÉS

La caractéristique essentielle d'un système électrique est de devoir assurer en permanence l'équilibre du réseau :

production = consommation

Il est difficilement concevable que chaque consommateur puisse assurer son propre équilibre production – consommation. Les réseaux permettent d'assurer :

- La mutualisation
- L'optimisation
- La solidarité entre les consommateurs

Depuis de nombreuses années les producteurs européens se sont regroupés, au fil du temps le regroupement s'est élargi. Actuellement l'ENTSO-E² regroupe 34 pays interconnectés, ce qui donne au réseau une grande stabilité.

Une condition de fonctionnement du réseau est que l'équilibre soit réalisé instantanément sur l'ensemble du réseau. Un indice du déséquilibre est la variation de la fréquence, qui est régulée en Europe à 50 Hz. La balance consommation – production (Voir Figure n°1) visualise une baisse de fréquence si la consommation l'emporte sur la production, et réciproquement. Les marges sont faibles : $\pm 0,5$ Hz en fonctionnement normal, avec des marges ultimes de $\pm 1,0$ Hz.

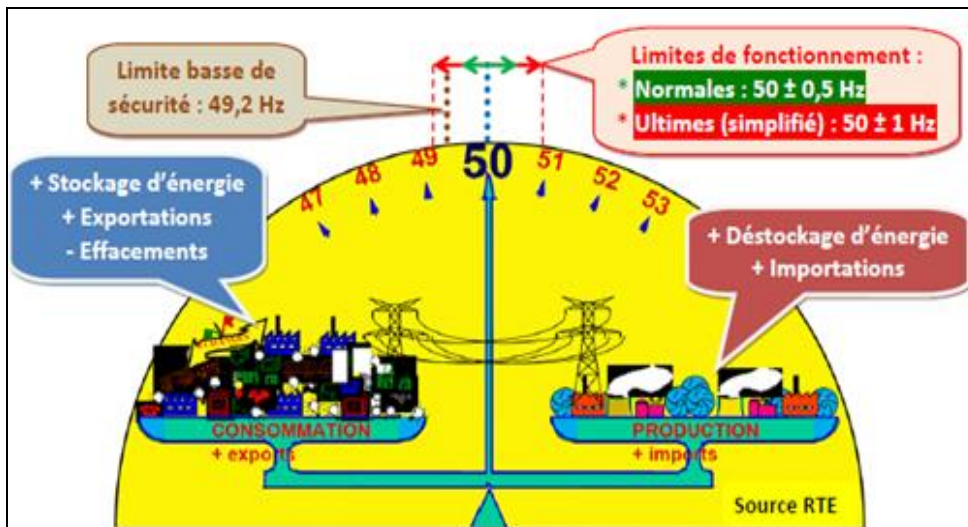


Figure 1 : Equilibre fréquence – puissance du réseau

La première rétroaction est obtenue par l'inertie des masses tournantes couplées au réseau Au-delà, il faut rééquilibrer le réseau en faisant intervenir les réserves de puissance; elles sont classées : primaire (RP), secondaire (RS), tertiaire (RT). Lors d'un déséquilibre les premières secondes sont fondamentales pour éviter le black-out.

Le black-out (« écroulement » du réseau) résulte d'un trop grand déséquilibre entre production et consommation, il peut être limité géographiquement (région ou pays) ou s'étendre à l'ensemble du réseau européen.

¹ Compléments d'informations sur la fiche GAENA n° 57 <https://www.energethique.com>

² ENTSO-E: Europe Network of Transmission Systems of Operation for Electricity

La figure 2 montre un exemple réel de perturbation liée à une perte de production de 2 800 MW sur le réseau européen, elle met en évidence la nécessité d'une réponse rapide des réserves de puissance.

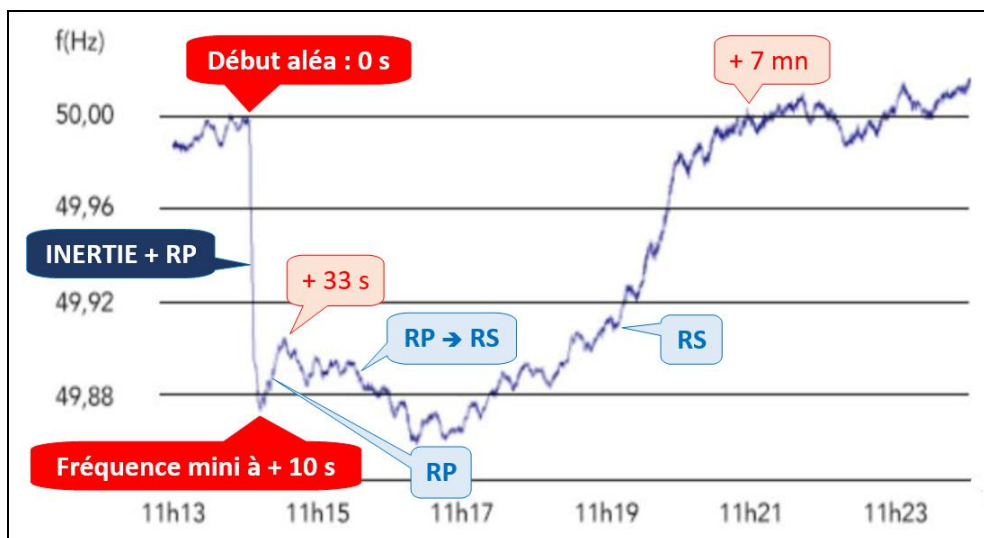


Figure 2 : Exemple réel de perturbation due à perte de production de 2 800 MW

Les énergies renouvelables intermittentes (éolien et photovoltaïque) ne peuvent quasiment pas participer à l'équilibre du réseau. Une proportion importante de tels moyens de production dans le système électrique rend difficile le pilotage du réseau. Le tableau 1 résume les capacités des moyens de production de participation aux différents niveaux de soutien au réseau.

Moyens de production	Possibilités de participation aux différents niveaux de soutien au réseau		
	Inertie	Réglage primaire	Garantie de réserve primaire pendant 15 min
Pilotables (nucléaire, hydraulique, fossiles)	OUI	OUI	OUI
Eolien	OUI en théorie (inertie synthétique)	OUI mais dissymétrique (uniquement à la baisse)	NON (sauf si stockage associé)
Photovoltaïque	NON	OUI mais dissymétrique (uniquement à la baisse)	NON (sauf si stockage associé)

Tableau 1 : Capacités des différents moyens de production au soutien du réseau

2. INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES INTERMITTENTES

Plusieurs études ont été réalisées qui utilisent des statistiques de production-consommation au pas horaire.

Pour la France, l'étude a été réalisée par l'ADEME, sur une base météorologique de 6-7 ans, en visant le 100 % renouvelable en 2050. L'institut allemand Fraunhofer a fait une étude incluant 7 pays de l'Ouest européen, à l'horizon 2030, mais sur la base météorologique de la seule année 2011.

L'étude de loin la plus complète est celle d'EDF R&D, qui couvre l'ensemble des 34 pays de l'ENTSO-E, sur une base météorologique de 30 ans ; et surtout, elle prend en compte les lois de la physique pour l'équilibre instantané du réseau. Cette étude évalue les conditions de fonctionnement d'un réseau alimenté en 2030 à 40 % par des EnRi, à 20 % par du renouvelable pilotable (hydraulique, biomasse), et à 40 % par des sources pilotables (nucléaire, charbon, gaz, telles qu'elles existent dans l'Europe d'aujourd'hui).

Les résultats montrent que **l'insertion de 40 % d'EnRi est possible (ce qui constitue la limite)**, même si elle entraîne une plus grande instabilité du réseau, en respectant de nombreuses conditions.

Une forte proportion de moyens de production intermittents nécessite le maintien d'une réserve de moyens de production pilotables, ce qui revient à doubler les investissements. À noter que le nucléaire français participe activement à la régulation du réseau : un réacteur peut varier de 100 % à 20 % de sa puissance nominale en 30 min, ce qui représente une performance équivalente à celle d'une centrale à charbon. Avec ses 58 réacteurs situés au cœur de l'Europe, la France est un élément majeur de régulation du réseau de transport européen.