

## Développement du système électrique pour l'intégration de l'énergie renouvelable

BOUCHAKOUR Salim  
Maître de Recherche B

Division Energie Solaire Photovoltaïque - CDER  
E-mail : s.bouchakour@cder.dz

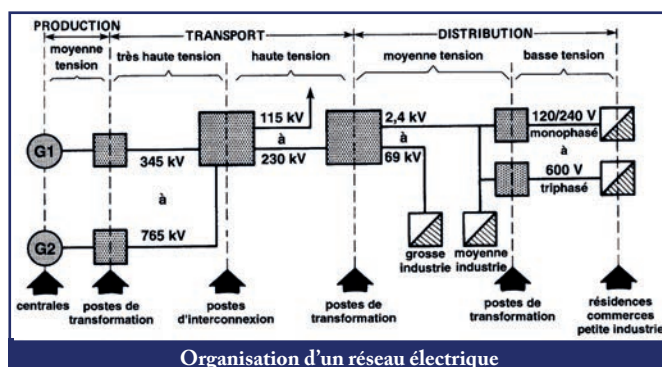
### Introduction

Aujourd'hui, le contexte politique, économique et énergétique appuie le développement de la production, le transport, la distribution et la consommation de l'énergie électrique en Algérie. Ce développement favorisera l'intégration des énergies renouvelables (EnRs) dans les réseaux électriques dans les meilleures conditions techniques, économiques et sécuritaires.

La libéralisation du marché de l'électricité (la loi n° 02-01 du 05 février 2002) a introduit des changements majeurs dans le domaine de la production d'énergie électrique en Algérie. Le programme national des EnRs, adopté par le gouvernement en février 2012 et mis à jour en février 2015, est la principale conséquence. Le programme prévoit 22 000 MW, ce qui représenterait 27 % du mix énergétique global algérien à l'horizon 2030, dont 13750 MW solaire photovoltaïque (PV), sur la période 2015- 2030.

L'électricité parvient aux clients par l'intermédiaire d'un système électrique qui comprend la production, les réseaux de transport et de distribution. Pour maintenir le système électrique stable, il est nécessaire de disposer d'une capacité de production adaptée, à chaque instant, à la consommation simultanée de tous les clients. La capacité de production et la charge étant l'une et l'autre susceptible de varier brutalement, particulièrement dans le cas d'arrêts de production ou d'avaries dans les réseaux de transport ou de distribution, il existera alors toujours un risque de déséquilibre provoquant une augmentation ou une diminution de la fréquence.

En grande partie, les compagnies d'électricité divisent leurs réseaux en trois grandes catégories. Le réseau de transport (49kV à 765 kV) comprend les centrales, ainsi que les lignes et les postes de transformation. Le réseau de répartition (46 kV à 315 kV) comprend les lignes de transport et les postes de transformation intermédiaires entre le réseau de transport et le réseau de distribution. Le réseau de distribution comprend les lignes et les postes de transformation servant à alimenter les clients. Ce dernier, est composé de réseau de distribution moyenne tension (2,4 kV à 69 kV) et basse tension (120 V à 600 V). Les postes de transformation servent à augmenter, à baisser et à régulariser la tension. Quant à eux, les postes d'interconnexion servent à relier le réseau avec d'autres réseaux (1). La figure ci-dessous montre un exemple d'un schéma élémentaire d'un réseau électrique.



Organisation d'un réseau électrique

Les réseaux sont reliés par des lignes d'interconnexion pour répondre à trois exigences : 1) la stabilité : les réseaux interconnectés forment un ensemble plus stable que les réseaux individuels ; 2) la continuité de service ; 3) l'économie : la charge peut être répartie pour réduire au minimum le coût de fonctionnement global.

Les compagnies d'électricité ont donc l'avantage à regrouper leurs ressources par des lignes d'interconnexion. Le centre de conduite du réseau (Opérateur du Système Electrique) assure une gestion du système de production et de transport de l'électricité en temps réel (dispatching). Il est également chargé de prévoir les variations de la demande quotidienne et saisonnière et de veiller continuellement à la bonne marche et la stabilité de l'ensemble du réseau.

### Intégration de l'électricité renouvelable au système électrique

A un taux d'intégration important des EnRs, la production d'énergie électrique variable doit être prise en compte dans la planification et l'exploitation du système électrique. L'électricité d'origine renouvelable possède cinq caractéristiques présentant un intérêt particulier pour les opérateurs du réseau électrique, comme décrit dans le tableau 1.

### Conclusion

L'intégration des EnRs au réseau exige une modernisation des infrastructures du système électrique, de son fonctionnement et sa gestion. La variabilité, l'incertitude, le site, la production non synchronisée et le bas facteur de charge sont les cinq caractéristiques qui préoccupent particulièrement le gestionnaire du réseau électrique.

Plusieurs pays ont intégré efficacement des taux élevés d'électricité renouvelable. Par exemple, le Danemark avec 39% d'éolien en 2014, l'Espagne avec 20,9% d'éolien et l'Italie avec 7,8% de PV [7].

La production éolienne annuelle aux États-Unis a dépassée 20% de la production totale dans deux états (Dakota du Sud et de l'Iowa), tandis que la pénétration instantanée dans le Colorado a dépassé 60% plusieurs fois sans compromettre la fiabilité. Dans ces cas, l'impact de la production renouvelable n'a pas compromis la fiabilité, car les décideurs politiques, les planificateurs et les gestionnaires de réseau ont apportés des modifications à la réglementation, au marché et au fonctionnement du système pour répondre aux défis de l'intégration.

En Algérie, le taux de l'intégration des EnRs au système électrique est très faible, la production d'énergie PV durant l'année 2015 a été de 0.03% et de 0.02% pour l'énergie éolienne [5]. Le parc de production est constitué majoritairement de la filière gaz, justifié par sa flexibilité (fonctionnement en pointe), vu que le secteur résidentiel représente le premier secteur consommateur d'énergie électrique au niveau national. Le développement du système électrique devrait donc exploiter cette flexibilité existante pour une intégration efficace de l'énergie renouvelable.



**Tableau 1. Caractéristiques de la production d'origine PV et éolienne et défis de son intégration au réseau (2)**

Caractéristiques de la production PV et éolienne		Défis de l'intégration au réseau	Retour d'Expérience
Variabilité	La production varie selon les fluctuations de la ressource.	L'équilibre entre la production et la consommation nécessite plus de flexibilité	Dans les réseaux électriques, la flexibilité existe pour intégrer les variations additionnelles. Mais cette flexibilité n'ai pas entièrement accessible sans changer le fonctionnement du réseau ou autres facteurs institutionnels [2].
Incertitude	La production ne peut pas être prédite avec précision.	L'opérateur système doit disposer de réserves additionnelles et/ ou une capacité de dispatcher la production.	L'intégration d'une prédiction fiable de la production renouvelable dans l'opérateur système et le marché a réduit l'incertitude, a amélioré la planification des autres ressources pour réduire les réserves et la consommation du combustible, et a permis aux EnRs de participer comme ressources dispatchées [2], [3].
Site	La production est plus économique où le potentiel disponible est important.	Nécessité de plus de lignes de transport et plus de planification avancée	L'énergie reçue annuellement sur une surface horizontale de 1m <sup>2</sup> soit près de 3 KWh/m <sup>2</sup> au nord et dépasse 5,6 KWh/m au Grand Sud (TAMENRASSET). La deuxième phase (2021-2030) du programme nationale des EnRs qui prévoit le développement de l'interconnexion électrique entre le Nord et le Sahara (Adrar), permettra l'installation de grandes centrales d'énergies renouvelables dans les régions d'In Salah, Adrar, Timimoune et Bechar et leurs intégration dans le système énergétique national [4]. C'est un exemple de développement de la production en coordination avec le transport pour accéder aux ressources solaires dans les régions éloignées du pays.
Production non synchronisée	La production permet un soutien de la tension et de la fréquence d'une manière différente de la production classique.	La stabilité de la tension et de la fréquence par les EnRs ou d'équipement supplémentaire à un coût.	Les exigences du Grid Code évoluent en réponse aux avancées technologiques et la prévision des taux de pénétration élevés des EnRs. Par exemple, l'intégration au réseau isolé d'Adrar de six centrales PV avec une puissance totale de 48MwC durant la période du mois d'octobre 2015 à février 2016, dont la production totale en puissance a atteint un taux de couverture de l'ordre de 65%, comparée au niveau de la demande d'Adrar au moment de la production maximale des centrales PV durant cette période. Cependant, le système électrique du pôle d'Adrar n'est pas conçu a priori pour accueillir un tel taux d'intégration des EnRs. Des difficultés techniques ont été rencontrées et résolues concernant le programme de marche des unités de production turbines à gaz permettant de satisfaire l'exigence du volume de réserve en cas de forts taux de production des centrales EnRs (éolien et PV) [5].
Bas facteur de charge	La disponibilité de la ressource limite la durée de fonctionnement de la centrale.	La production conventionnelle existante pourrait être nécessaire pour répondre à la demande. Mais le fonctionnement en dessous de ce qui est prévu initialement, affecte le recouvrement des coûts.	KiloWattsol a été mandaté pour étudier la capacité de production de 395 centrales PV en fonctionnement en Europe. Afin d'évaluer la capacité future des centrales, 77 d'entre elles ont fait l'objet d'une étude approfondie sur la base de la production constatée durant une période de fonctionnement. Les taux d'indisponibilité observés sont souvent élevés avec une moyenne de l'échantillon de 2,9%, la moitié des centrales étudiées dépasse 1,6% et 13 centrales dépassent 5% [6].

## Références

1. Electrotechnique, Théodore WILDI et Gilbert SYBILLE, 4ème édition.
2. [www.nrel.gov](http://www.nrel.gov).  
- Jaquelin Cochran, Paul Denholm, Bethany Speer, and Mackay Miller. (2015). "Grid Integration and the Carrying Capacity of the U.S. Grid to Incorporate Variable Renewable Energy. Technical Report, NREL/TP-6A20-62607, April 2015.  
- Lew, D.; Brinkman, G.; Ibanez, E.; Florita, A.; Heaney, M.; Hodge, B.-M.; Hummon, M.; Stark, G.; King, J.; Lefton, S.A.; Kumar, N.; Agan, D.; Jordan, G.; Venkataraman, S. (2013). The Western Wind and Solar Integration Study Phase 2. NREL/TP-5500-55588. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.  
- Lew, D.; Milligan, M.; Jordan, G.; Piwko, R. (2011). "The Value of Wind Power Forecasting." Presented at the 91st American Meteorological Society Annual Meeting, the Second Conference on Weather, Climate, and the New Energy Economy, January 26, 2011. NREL/CP-5500-50814. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. Accessed August 2014.

3. International Energy Agency (IEA). (2014). the Power of Transformation: Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems. Paris, France: International Energy Agency.
4. [www.energy.gov.dz](http://www.energy.gov.dz) : <http://www.energy.gov.dz/francais/uploads/2016/Energie/energie-renouvelable.pdf>.
5. [www.ose.dz](http://www.ose.dz)
6. [www.KiloWattsol.com](http://www.KiloWattsol.com): Stéphane Vidal, « retour d'expérience sur 77 études de capacité de production de centrales photovoltaïques en fonctionnement », Décembre 2015.
7. Renewables 2014 Global Status Report - REN21.