

Département de Génie Electrique

Filière: Electrotechnique

Spécialité: RE

Email: hani.benguesmia@univ-msila.dz

Raccordement de la PD au réseau électrique



**PLAN
DE
COURS**

Introduction-objectifs

Les Conditions de Raccordement de la PD au réseau électrique

Development de la PD *au réseau électrique*

Raccordement sur les Réseaux HTA

Interactions entre PD et Réseau Électrique

CONCLUSION

Le développement de la production décentralisée sur les réseaux de distribution a connu un essor à partir du début des années 1990 en raison de la politique énergétique mise en place pour atteindre les objectifs EnR de la Directive européenne. Les productions décentralisées utilisant les ENR présentent deux caractéristiques nouvelles bien différentes de celles de la production centralisée raccordée au réseau de transport : d'une part les installations sont nombreuses, de petite puissance et principalement raccordées au réseau de distribution, d'autre part elles sont intermittentes et ne sont pas pilotables.





Conditions de Raccordement

1

Contraintes Électriques

- Etudier les capacités existantes du réseau pour déterminer les conditions de raccordement de la PD.
- Le respect des limites de courant de court-circuit

2

Contraintes Réglementaires

- Se conformer aux directives et normes en vigueur pour garantir la sécurité et la fiabilité du raccordement.
- les conditions de mise à la terre
- Les conditions de couplage au réseau

3

Contraintes Organisationnelles

- Coordonner les démarches administratives et contractuelles entre la PD et les gestionnaires de réseau.

Development de la PD

En intégrant des technologies numériques, des capteurs et des systèmes de communication avancés, ils optimisent l'efficacité énergétique et permettent une gestion dynamique de la demande.



Énergies Renouvelables

Encourager l'intégration des énergies renouvelables dans la production décentralisée pour une transition écologique.



Véhicules Électriques

Promouvoir le développement des infrastructures de recharge pour accompagner la croissance des véhicules électriques.



Réseaux Intelligents

Expliquer les avantages des réseaux intelligents dans l'amélioration de l'efficacité et la gestion de la demande d'électricité.



Raccordement sur les Réseaux HTA

1 Études Techniques

Réaliser des études approfondies pour évaluer les impacts du raccordement de la PD sur le réseau HTA.

2 Protection et Sécurité

Mettre en place des dispositifs de protection et de sécurité pour éviter les perturbations et les risques électriques.

3 Communication

Mettre en place des systèmes de communication avancés pour surveiller et contrôler le raccordement de la PD.

Interactions entre PD et Réseau Électrique

Injection d'Électricité

Décrire comment la PD injecte de l'électricité dans le réseau sans compromettre son équilibre.

Fluctuations de Puissance

Expliquer comment les variations de production de la PD peuvent être gérées pour éviter des problèmes de tension et de stabilité du réseau.

Gestion de la Demande

Présenter comment la PD peut contribuer à la gestion de la demande en ajustant la production en fonction des besoins.

Interactions entre PD et Réseau Électrique

Injection d'Électricité

Décrire comment la PD injecte de l'électricité dans le réseau sans compromettre son équilibre.

L'intégration de la **Production Décentralisée (PD)** – comme les panneaux solaires, les éoliennes ou les unités de cogénération – dans le réseau électrique nécessite des mécanismes de contrôle précis pour maintenir l'équilibre entre **production et consommation**, garantissant ainsi la **stabilité du réseau** (fréquence, tension et puissance). Voici comment cela fonctionne :

1. Contrôle de la fréquence (50/60 Hz)

Le réseau doit maintenir une **fréquence stable** (50 Hz en Europe, 60 Hz en Amérique). La PD contribue à cet équilibre grâce à :

Obligations de régulation :

Les producteurs décentralisés doivent respecter des **normes de raccordement** posant des systèmes de contrôle de fréquence.

Réponse rapide aux variations :

Les onduleurs photovoltaïques et les éoliennes modernes ajustent leur puissance injectée en temps réel pour compenser les écarts.

Systèmes de stockage tampon (batteries, volants d'inertie) :

Ils absorbent ou restituent de l'énergie en quelques millisecondes pour lisser les fluctuations

Interactions entre PD et Réseau Électrique

2. Gestion de la tension

La tension doit rester dans une **plage admissible** (ex : 230 V $\pm 10\%$). La PD l'influence via :

Onduleurs intelligents :

Ils ajustent le facteur de puissance ($\cos \phi$) et la tension en fonction des besoins locaux.

Transformateurs à commande automatique :

Ils corrigent les variations causées par l'injection intermittente des ENR.

Compensation réactive :

Des bancs de condensateurs ou des STATCOMs stabilisent la tension en compensant les pertes réactives.

Interactions entre PD et Réseau Électrique

3. Équilibrage offre/demande en temps réel

Pour éviter les **surcharges** ou **pénuries**, le réseau utilise :

Smart Grids et systèmes de prévision :

Les algorithmes prédisent la production solaire/éolienne et ajustent les flux en conséquence.

Demand Response (effacement de consommation) :

En cas de surplus de PD, les consommateurs industriels ou domestiques sont incités à augmenter leur consommation (ex : recharge de véhicules électriques).

Stockage décentralisé :

Les batteries domestiques ou les centrales de stockage absorbent l'excédent et le réinjectent lors des pics de demande.

4. Protection du réseau contre les défauts

L'injection massive de PD peut causer des **courants de défaut** (court-circuits). Les solutions incluent :

Protections adaptatives :

Les relais intelligents détectent les anomalies et isolent uniquement la zone concernée.

Limitation du courant de court-circuit :

Les onduleurs photovoltaïques modernes limitent automatiquement leur courant en cas de défaut.

Interactions entre PD et Réseau Électrique

Fluctuations de Puissance

Expliquer comment les variations de production de la PD peuvent être gérées pour éviter des problèmes de tension et de stabilité du réseau.

Les fluctuations de production des énergies renouvelables (solaire, éolien) peuvent perturber la tension et la stabilité du réseau. Plusieurs solutions permettent de les maîtriser :

Onduleurs intelligents

- Ajustent en temps réel la puissance active/réactive injectée
- Corrigent les écarts de tension (via contrôle du $\cos \phi$)

Stockage d'énergie rapide

- Batteries lithium-ion (réponse en millisecondes)
- Volants d'inertie pour lisser les variations brutales

Gestion active du réseau

- Systèmes de prévision météo pour anticiper les baisses de production
- Modulation de la charge (effacement des gros consommateurs si nécessaire)

Régulation automatique

- Transformateurs à changement de prises sous charge,
- Compensateurs statiques (STATCOM) pour stabiliser la tension.

Architecture réseau adaptée

- Déploiement de micro-réseaux locaux
- Configuration en boucles plutôt qu'en radial pour mieux répartir les flux

Ces solutions combinées permettent d'intégrer la PD tout en maintenant :

- *La tension dans les plages autorisées ($\pm 10\%$),
- *La fréquence stable à 50 Hz,
- *Un équilibre permanent production/consommation.

Interactions entre PD et Réseau Électrique

Gestion de la Demande

Présenter comment la PD peut contribuer à la gestion de la demande en ajustant la production en fonction des besoins.

La PD offre une flexibilité précieuse pour adapter l'offre à la demande électrique grâce à :

- 1. Réponse directe à la consommation locale**
- 2. Modulation intelligente de la production**
- 3. Couplage avec le stockage décentralisé**

Cette approche nécessite cependant :

Des systèmes de contrôle avancés

Une régulation adaptée

L'engagement des consommateurs-producteurs

Donc:

La PD transforme ainsi la gestion énergétique d'une logique d'ajustement de l'offre vers un équilibre dynamique offre-demande.

Normes en Vigueur



Raccordement Électrique

Expliquer les normes et réglementations à respecter lors du raccordement de la PD au réseau électrique.

Sécurité

Détailler les normes de sécurité pour prévenir les accidents et garantir le bon fonctionnement du système électrique.

Contrôle Qualité

Présenter les normes de contrôle qualité pour assurer la fiabilité et la performance des installations de la PD.

Normes en Vigueur

Principaux normes et règlements :

Norme NFC 13-100 : «Poste de livraison alimenté par un réseau de distribution publique HTA».

Norme NFC 14-100 : «Installation de branchement à basse tension ».

Norme NFC 15-100 : «Règles d'installations électriques à basse tension ».

Guide UTEC 15-400 : «Raccordement des générateurs d'énergie électriques dans les installations alimentées par un réseau public de distribution ».

Les normes techniques et de sécurité jouent un rôle crucial pour garantir l'interopérabilité des équipements et la cohérence du système électrique dans son ensemble.



Normes en Vigueur

pour une installation solaire photovoltaïque

L'ensemble des matériels installés sera conforme aux normes et textes suivants :
CEI 62116 Procédure d'essai des mesures de prévention contre l'îlotage pour onduleurs photovoltaïques interconnectés au réseau public.

La norme NFC 15-100 réglementant les installations électriques à basse tension

La norme UTE C 57-300 sur les paramètres descriptifs d'un système photovoltaïque

La norme UTE C 57-310 sur la transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique.

CEI 61727 concernant l'interface de raccordement réseau des systèmes photovoltaïques.

NFEN 61173 sur la protection contre les surtensions des systèmes photovoltaïques.



Normes en Vigueur

NFC 17- 100 protection contre la foudre.

NFC 17-102 protection contre la foudre- protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par para tonnerre a dispositif d'amorçage tension.

DIN VDE 0126 spécifications de fonctionnement de l'onduleur (ilotage, intervalles de tension et de fréquence, injection de courant continu) condition de coupure de l'onduleur.

CEI 61000-3-2 sur la compatibilité électromagnétique CEM et la limitation des courants harmonique.

Ces installations peuvent être aussi soumises à d'autres décrets et législation du pays ou du réseau publique.



CONCLUSION

Le raccordement de la production électrique décentralisée (PD) au réseau électrique constitue un défi multidimensionnel, exigeant une approche intégrée qui englobe des aspects techniques, réglementaires, organisationnels et normatifs. Lorsqu'il est bien géré, **ce processus peut favoriser la transition énergétique vers un système plus durable, résilient et diversifié.**

L'intégration de la production décentralisée dans le système électrique est viable, mais elle nécessite certaines précautions :

- ❑ Un échange efficace d'informations avec le réseau de transport pour assurer l'équilibre entre production et consommation ;
- ❑ Une coordination en amont entre le développement des capacités de production et l'évolution du réseau.

A horizontal, irregular pink brushstroke with a textured, hand-painted appearance, serving as a background for the text.

Thanks