

Décryptage

Centrales virtuelles (VPP) : l'agrégation numérique au service de la flexibilité électrique

Marc Germanangue, Directeur Général de Zenon

Une centrale virtuelle (Virtual Power Plant, VPP) est un réseau de ressources énergétiques décentralisées (panneaux solaires, batteries domestiques, véhicules électriques, pompes à chaleur...) agrégées et coordonnées par une plateforme logicielle pour fonctionner comme une centrale unique.

Contrairement aux centrales traditionnelles, qui concentrent leur production en un lieu unique, les VPP orchestrent numériquement des milliers d'actifs dispersés géographiquement.

Le terme « virtuel » désigne cette orchestration : les équipements sont matériels et localisés, mais leur pilotage est centralisé via des systèmes de contrôle en temps réel. Un agrégateur, l'opérateur d'une VPP, collecte les données de production et de consommation de chaque actif connecté, optimise leur fonctionnement selon les signaux de prix, les contraintes de réseau et les prévisions, puis envoie les commandes de contrôle correspondantes.

Les VPP répondent à un défi structurel de la transition énergétique : intégrer massivement des énergies renouvelables intermittentes tout en maintenant l'équilibre instantané du réseau électrique. Selon Brattle Group, les VPP constituent une alternative 40 à 60% moins coûteuse que les centrales thermiques de pointe pour gérer les pics de demande. Le Rocky Mountain Institute estime qu'aux États-Unis, les VPP pourraient éviter plusieurs dizaines de millions de tonnes de CO₂ d'ici 2035.

En France, RTE intègre l'effacement diffus dans ses mécanismes d'ajustement, au même titre que la production d'électricité, tandis que la Commission de régulation de l'énergie (CRE) a précisé les conditions d'agrégation pour l'accès aux marchés de capacité. Des projets pilotes français régionaux comme SMILE ou SYNAPSE démontrent la faisabilité technique de l'orchestration à l'échelle régionale.

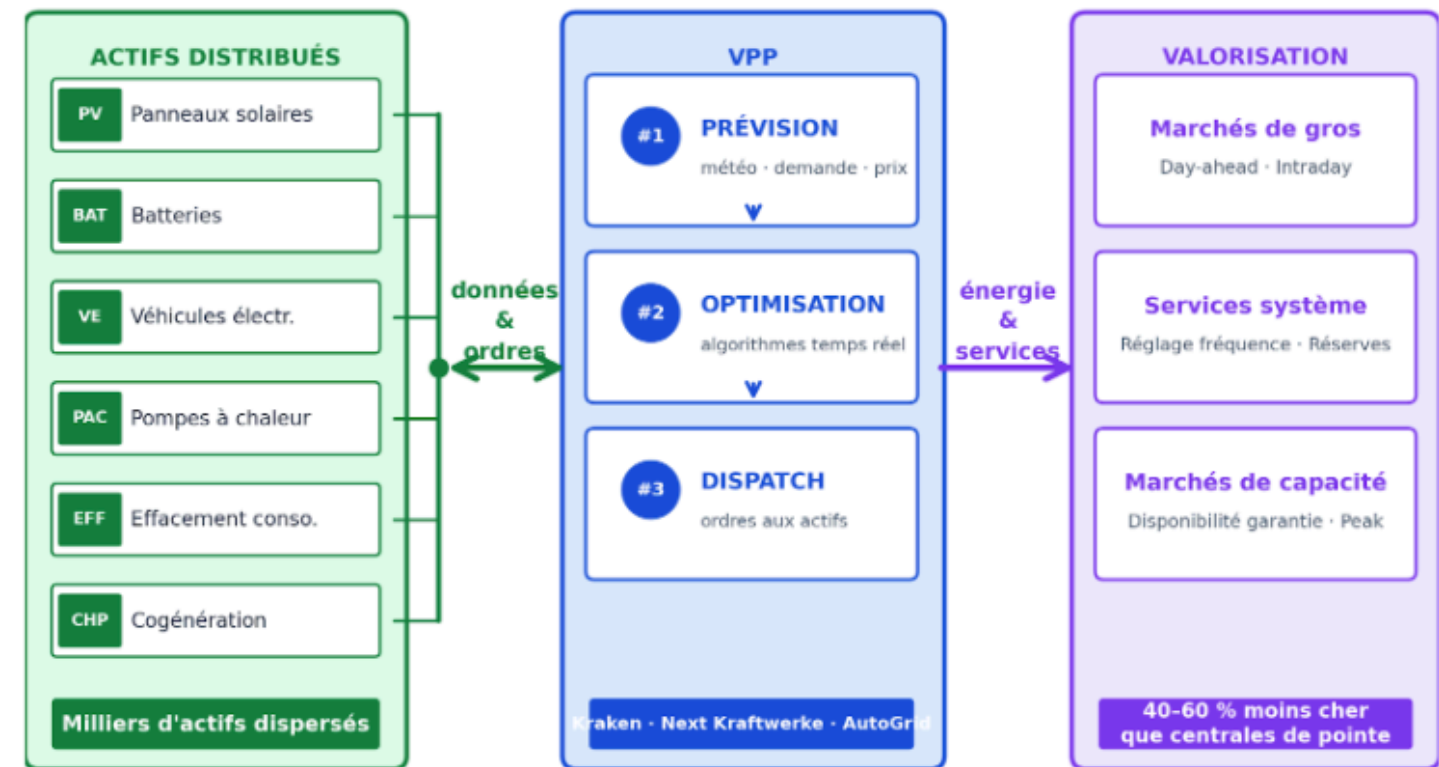
Concrètement, une VPP peut :

- effacer des pointes de consommation (peak shaving) en décalant temporellement certaines charges (recharge de VE, chauffage) ;
- fournir de la flexibilité ascendante ou descendante en quelques secondes pour stabiliser la fréquence du réseau ;
- éviter ou différer des investissements lourds dans les infrastructures de transport et de distribution d'électricité ;
- valoriser économiquement les actifs décentralisés pour leurs propriétaires via des rémunérations de flexibilité.

La plateforme Kraken gère plus de 500 000 équipements domestiques représentant 2 GW de capacité flexible. Son système automatise la recharge des VE et le fonctionnement des PAC pendant les périodes de forte production renouvelable et de faible demande, générant jusqu'à 200 M€ d'économies pour les consommateurs participants.

Les bénéfices des VPP restent toutefois dépendants des règles de marché, de la stabilité des signaux tarifaires et de la capacité des régulateurs à reconnaître et rémunérer la flexibilité distribuée de manière prévisible.

Principe d'une centrale virtuelle (VPP)



d'après RMI, US DOE, Kraken et Brattle Group

Le passage à l'échelle des VPP se heurte à plusieurs obstacles. L'accès aux marchés de l'électricité reste complexe pour les ressources résidentielles de petite capacité unitaire, les règles de qualification des enchères et les exigences de télémétrie ayant été historiquement calibrées pour des centrales de plusieurs dizaines de MW. Les coûts d'acquisition et d'équipement des clients constituent également un frein économique pour les agrégateurs, tandis que l'incertitude sur les revenus complique la construction de modèles économiques viables.

Enfin, la coordination en temps réel de centaines de milliers d'actifs hétérogènes exige des investissements importants en infrastructure de télécommunication, en algorithmes de prévision et en dispositifs de cyber-sécurité. Dans les prochaines années, la capacité des régulateurs, des opérateurs de réseau et des agrégateurs à aligner incitations économiques, protection des consommateurs et exigences de sûreté sera déterminante pour faire des centrales virtuelles un pilier crédible des systèmes électriques bas carbone.