

les centrales électriques virtuelles



Qu'est-ce qu'une centrale électrique virtuelle?

Les centrales électriques virtuelles (CEV) sont des réseaux de ressources énergétiques distribuées (RED). Les thermostats intelligents, les batteries, les panneaux solaires et les véhicules électriques sont des exemples de RED. Les CEV permettent à cet ensemble complexe de systèmes de prédire précisément et exactement les besoins du réseau d'électricité et d'ajuster la charge et la demande en conséquence.

Conceptualisées à la fin des années 1990 par Shimon Awerbucs, Ph. D., les CEV sont coordonnées par des plateformes logicielles de pointe. Elles fonctionnent comme une seule centrale électrique flexible.

Avantage des CEV

Une demande croissante, une météo extrême, des coûts en capital élevé et une mentalité « pas dans ma cour » exercent des pressions sur les systèmes d'électricité. Par ailleurs, les solutions traditionnelles peuvent être capitalistiques et vu les obstacles que pose la réglementation, leur déploiement peut être lent.

Mais en période de pointe, les CEV facilitent l'intégration rapide de ressources électriques flexibles au réseau électrique. Elles peuvent prendre de l'ampleur rapidement, dépendent surtout d'actifs appartenant au consommateur et procurent une flexibilité là et quand le réseau électrique en a le plus besoin.

Participation du consommateur

Dans une CEV, le consommateur peut choisir de participer directement au système d'électricité de son service public local. Il profite dans bien des cas de paiements incitatifs, de crédits dans sa facture d'électricité ou d'autres formes de compensation monétaire. Pour l'exploitant du système et le service public, les CEV sont synonymes de fiabilité, reportent les investissements dans des infrastructures et réduisent les émissions.

Fonctionnement d'une CEV

Une CEV voit le jour lorsqu'un propriétaire foncier ou une entreprise inscrit ses RED à un programme coordonné. Mais ces actifs continuent de lui appartenir et de remplir leur fonction primaire.

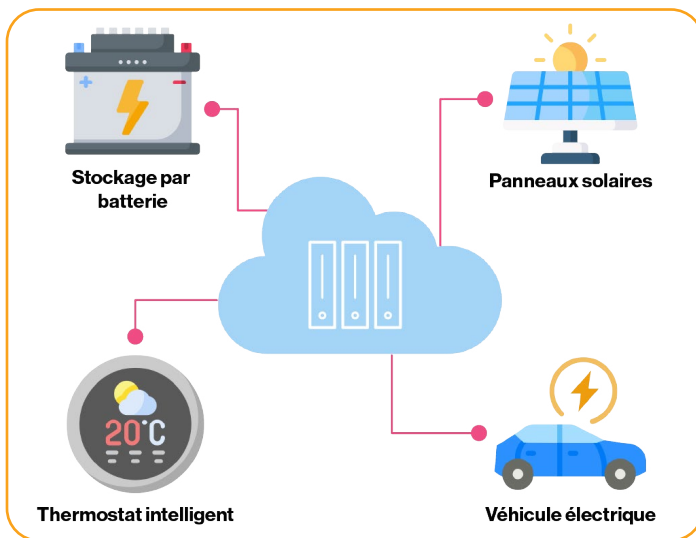
Puis, des plateformes logicielles regroupent ces ressources, prédisent la disponibilité et optimisent le recours à la CEV. Une CEV fait partie d'un système de gestion des RED d'un service public. Regroupées, les RED permettent d'ajuster temporairement la consommation ou de distribuer une énergie stockée en cas de demande de pointe ou d'imprévus affectant le système. L'impact de la CEV dépend des RED utilisées, dont nous fournissons quelques exemples au tableau 1.

Tableau 1 : RED en usage

RED	Fonction
Panneau solaire	Allié à des batteries, il distribue de l'électricité au réseau pendant une demande de pointe.
Thermostat intelligent	Augmente la température pour réduire la demande en électricité.
Batteries	Distribuent une électricité stockée au réseau.

La figure 1 illustre les étapes de mise en place et de fonctionnement d'une CEV. Après le branchement des appareils du consommateur et leur coordination par une plateforme logicielle, la compatibilité est vérifiée et la CEV entre en fonction pour réduire la demande au besoin.

Figure 1. Processus d'une CEV



Les CEV dans le monde

Allemagne

En Allemagne, les CEV permettent de participer au marché énergétique en coordonnant des milliers de RED et de sources de production traditionnelles à l'aide de fonctions logicielles (regroupement, coordination de RED et prédictions).



Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, les CEV utilisent des algorithmes d'IA et d'apprentissage machine dans l'intérêt de l'entreprise et du consommateur.



Australie

En Australie-Méridionale, des parcs de batteries domestiques coordonnés ont été sollicités pendant des canicules et des perturbations de la distribution. Ainsi, le courant s'est maintenu, même en période de pointe.



Californie

En Californie, des programmes de CEV à base d'énergie solaire et stockée provenant de consommateurs résidentiels ont été activés pendant des canicules. L'objectif était de distribuer de l'énergie pendant les heures critiques de la soirée, ce qui a réduit les pressions sur le système et a aidé à éviter des pannes tournantes.



Cela a mis en évidence la capacité des ressources du consommateur, numériquement coordonnées, à assurer la fiabilité du réseau, alors que c'est la production centralisée qui a répondu à ce besoin jusqu'ici.

Le contexte canadien



Ontario

C'est en Ontario que se trouve le plus important programme de CEV, des thermostats regroupés pour réduire la demande de pointe. En 2024, la réduction maximale de la demande de la SIERE a atteint 101 MW. Pour inciter le consommateur à y participer, le programme offre des cartes-cadeaux de 75 \$ à l'adhésion, puis de 20 \$ par année consécutive.

Québec

Du côté d'Hydro-Québec, près de 60 000 participants à son programme de CEV ont aidé à réduire la demande en électricité de 200 MW pendant l'hiver de 2024-2025.

De plus, avec l'adoption croissante du véhicule électrique au pays, beaucoup d'autres CEV pourraient se profiler à l'horizon. Selon Transports Canada, 192 000 demandes d'IVZE ont été faites en 2024-2025. Cela correspond à environ 9 600 MWh d'énergie qui pourrait être intégrée à une CEV, une importante augmentation de la capacité. Cependant, ce programme a pris fin en 2025.

Risques et difficultés

Mais les CEV ne sont pas sans risque. Comme elles dépendent de plateformes numériques, elles posent pour la cybersécurité des risques qui nécessitent une gouvernance et des mesures de protection techniques robustes.

À cela s'ajoute la diversité des technologies employées. Il existe différents modèles de thermostats intelligents et les capacités logicielles varient d'une compagnie à l'autre. Il est très complexe de concevoir une plateforme numérique qui se prête à la coordination et au regroupement de différents modèles et qui soit capable de bien prédire les comportements de ces appareils. Il faudra donc assurer l'interopérabilité et mettre en place des normes systémiques au moment de déployer une CEV. Par ailleurs, à mesure que les gouvernements et les politiques de réglementation changent, la participation aux programmes de CEV et d'appareils de RED fluctue selon les mesures incitatives offertes. Si une CEV peut croître rapidement, il n'en demeure pas moins qu'elle dépend de la participation des clients.

Limitations

Les CEV sont certainement prometteuses. Toutefois, leurs limitations importantes mettent un frein à leur intégration à des systèmes électriques modernes. Comme elles dépendent de ressources distribuées à base d'onduleurs, elles sont imprévisibles et asynchrones, et leur inertie est limitée. Ces facteurs peuvent nuire à la résilience du réseau d'électricité s'ils ne sont pas bien gérés. De plus, les CEV ne s'intègrent pas facilement aux marchés existants parce que les cadres de politiques et de réglementation n'ont pas

suffisamment évolué pour incorporer leurs caractéristiques économiques et opérationnelles uniques. En outre, il faut des logiciels sophistiqués pour coordonner des milliers d'appareils en temps réel. Il faut aussi des protocoles de communication normalisés et des investissements massifs dans des systèmes de surveillance et de contrôle. Ainsi, même si les CEV facilitent la modernisation du réseau électrique, il faut surmonter plusieurs obstacles techniques, réglementaires et opérationnels pour qu'elles fonctionnent bien.

L'avenir

Les CEV ne remplacent pas les investissements dans la production ou le transport traditionnels. Plutôt, elles sont un moyen de plus de réduire les coûts. Tandis que le Canada vise la sécurité énergétique et la fiabilité systémique, les CEV représentent une solution flexible et échelonnée qui inclut le consommateur.

Les CEV peuvent certainement jouer un grand rôle dans l'avenir énergétique du pays en accroissant la valeur des actifs déjà branchés au réseau électrique. Cela sera possible si des politiques sont mises à contribution, les pratiques de cybersécurité sont robustes et l'innovation se poursuit.