

# Optimiseur et prise de décisions

## Introduction

La batterie d'une installation de production d'électricité peut être mise à la disposition du gestionnaire du réseau électrique pour maintenir l'équilibre sur le réseau. L'utilisation de la batterie est bien évidemment rémunérée par le gestionnaire du réseau. Une étude approfondie des services disponibles (FCR, aFRR), de la rémunération, et des contraintes techniques liées a été menée en amont, puis implémentée dans l'EMS par étapes :

- Interfaçage/communication avec l'agrégateur
- Création d'un calendrier de mise à disposition
- Préparation de la batterie pour le service aux réseaux
- Indice de performance et rapports d'opération

## Réserve de contrôle primaire

: Frequency Containment Reserves (FCR/R1)

L'objectif de Frequency Containment Reserves (FCR ou réserves de stabilisation de la fréquence en français) est de fournir une première réponse immédiate aux problèmes de fréquence à travers l'Europe. Ce sont des réserves qui réagissent automatiquement pour compenser les déviations de fréquence dans le réseau.

### Contraintes (en Belgique):

- Les réservations se font par bloc de quatre heures (00-04h, 04-08h, 08-12h, 12-16h, 16-20h, 20-24h).
- Pour ce service, la disponibilité de la batterie doit être signalée en amont, un délai de deux jours est nécessaire.

- Le résultat des enchères est connu un jour avant.
- La batterie doit être chargée à environ à +/- 5% prés. 50% de sa capacité.

## Rémunération

Le montant de la rémunération de la batterie est le résultat d'une enchère et il est connu un jour avant. Le montant est exprimé en fonction de la capacité, plus précisément en €/MW pour chaque bloc de 4h. Le *Tableau 1* donne une idée des ordres de grandeur de la rémunération. De notre côté, nous ne savons pas en avance si la batterie sera utilisée ou pas, elle doit juste être disponible. Si elle est sélectionnée, nous serons rémunérés par bloc de quatre heures, sinon, nous ne serons pas rémunérés. Après une période de mise en disponibilité de la batterie pour le grid service, nous pouvons constater si la batterie a été utilisée ou non en analysant les données de la batterie (bit d'activation, charge/décharge).

Bloc	00-04h	04-08h	08-12h	12-16h	16-20h	20-24h
Rémun.	91.16	145.72	186.88	135.24	214.88	236.52

*Tableau 1 : la rémunération en €/MW par le grid service pour une batterie pour le 27 juillet 2022. Si la batterie est sélectionnée pendant un bloc horaire, peu importe la durée de l'utilisation, elle sera rémunérée en fonction de sa capacité. Les données sont issues du site : <https://www.regelleistung.net>*

## Source d'incertitude

Dans le cadre des prévisions de la rémunération pour R1, Il y a deux sources d'incertitude :

- Le montant de la rémunération,
- Le nombre de blocs utilisés.

## Réserve de contrôle secondaire : Automatic Frequency Restoration Reserve (aFRR/R2)

Automatic Frequency Restoration Reserve (aFRR ou restauration automatique de la fréquence en français) a pour objectif de compenser les déséquilibres journaliers, entre la production et la consommation, du réseau électrique.

### Contraintes (en Belgique) :

- Comme pour le R1, les réservations se font par bloc de quatre heures (00-04h, 04-08, 08-12h, 12-16h, 16-20h, 20-24h).
- Ce service est activé automatiquement par Elia via l'envoi d'une consigne toutes les 4 secondes et que l'énergie demandée doit être activée en 7,5 minutes.
- Afin de pouvoir fournir une réserve secondaire, il faut être équipé de moyens permettant de communiquer avec le centre de dispatching d'Elia.

### Rémunération

La rémunération est constituée de deux parties :

Une rémunération par **volume réservé**, peu importe si la batterie est utilisée ou non par le gestionnaire du réseau, exprimé en €/MW/h.

Une rémunération par **utilisation** qui se divise en :

- Upward : décharge
- Downward : charge

*Les tarifs sont disponibles sur le site d'Elia: <https://www.elia.be/>*

### Source d'incertitude

Dans le cadre des prévisions de la rémunération pour R2, Il y a quatre sources d'incertitude :

- Le montant de la rémunération :
  - o Pour la capacité,
  - o Pour l'énergie (up et down).
- La quantité d'énergie up et down,
- Le nombre de blocs utilisés.

## Objectif de cette étude

Dans le cadre de la production de l'électricité renouvelable, l'utilisation d'une batterie dans une installation permet d'optimiser le coût de cette dernière, et donc améliorer son rendement économique.

Par exemple ; au lieu de revendre sur le réseau électrique le surplus de la production renouvelable, le gestionnaire de l'installation peut décider de le stocker dans une batterie afin de l'utiliser quand la production (PV ou éolienne) ne sera plus suffisante.

Une batterie, dans une installation connectée au réseau électrique, peut également être mise à la disposition du gestionnaire du réseau électrique qui s'en servira pour maintenir l'équilibre sur le réseau. L'utilisation de la batterie est rémunérée par le gestionnaire du réseau et donc la question d'optimisation de la rentabilité de la batterie se pose. Le gestionnaire d'une installation de production d'électricité renouvelable dotée d'une batterie doit pouvoir décider si la batterie de son installation sera mise à la disposition du gestionnaire du réseau ou s'il est préférable que la batterie soit utilisée pour stocker/restituer le surplus d'énergie produite.

## Méthode de décision

L'objectif étant de maximiser le rendement économique de la batterie, nous devons pouvoir identifier les situations où l'utilisation de la batterie par l'installation est moins rentable que la mise en disposition de cette dernière.



## Définitions

**Coût sans la batterie** : (la consommation totale – la production totale) \* le coût d'achat ou de vente d'électricité. **Coût avec la batterie** : ce qui est tiré ou injecté dans le réseau électrique \* le coût d'achat ou de vente d'électricité. **Gain réalisé grâce à la batterie** : coût sans la batterie - coût avec la batterie. **Gain Grid Services (GS)** : la rémunération de mise en disponibilité de la batterie par le gestionnaire du réseau. **Calcul point par point** : un calcul qui s'effectue pour chaque pas de temps. **Calcul par cycle** : un calcul qui s'effectue sur période donnée en prenant en compte les valeurs moyennes.

## Recherche

Sur la figure 1, les courbes continues représentent le coût de la consommation d'électricité en fonction du temps.

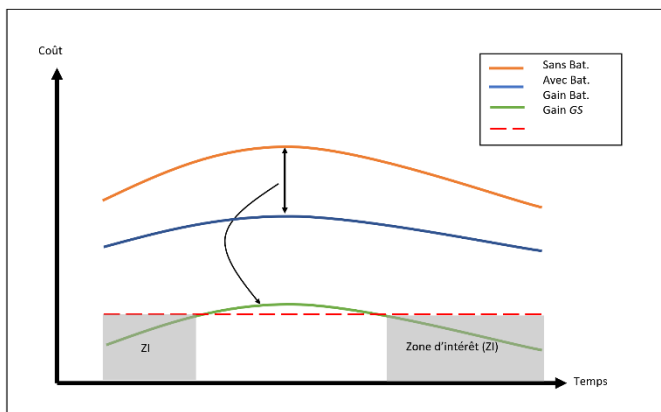


Figure 1 : le calcul point par point du gain que nous obtiendrons en utilisant une batterie correctement dimensionnée. Les courbes continues représentent le coût de la consommation d'électricité en fonction du temps ; la courbe en couleur jaune moutarde le coût sans la batterie, en couleur bleue le coût avec la batterie et la courbe verte est le gain que nous obtenons en utilisant une batterie. La courbe rouge en pointillés représente la rémunération que nous recevrons en mettant à disposition la batterie pour le Grid-service. Les zones en couleur grise démarquent les moments où le gain que nous obtiendrons en utilisant une batterie est inférieur à la rémunération de la batterie par le Grid-service.

Avec la batterie et la courbe verte est la différence des deux premières courbes. La courbe verte représente les économies réalisées grâce à l'utilisation d'une batterie, appelons cela le gain batterie. La courbe rouge en pointillés représente la rémunération que l'on peut recevoir en mettant à disposition la batterie pour le gestionnaire de réseau. Les zones en couleur grise démarquent les moments où le gain que nous obtiendrons en utilisant une batterie est inférieur à la rémunération de la batterie par le Grid-services. Donc ce que nous souhaitons faire est précisément identifier ces zones grises, dit zone d'intérêt.

## Calcul point par point

Est-ce que la zone grise de la figure 2 représente vraiment une zone d'intérêt ? La réponse est non. Le gain batterie faible au début est dû au fait que la batterie est mise en charge (ou décharge) à un moment donné pour être utilisée plus tard, elle est sollicitée en suivant une stratégie dans le temps. La conclusion de ce constat est qu'un calcul point par point en fonction du temps n'est pas adapté car ce qui compte est être rentable sur une période ou un cycle. Nous appellerons ce cycle : le cycle de rentabilité.

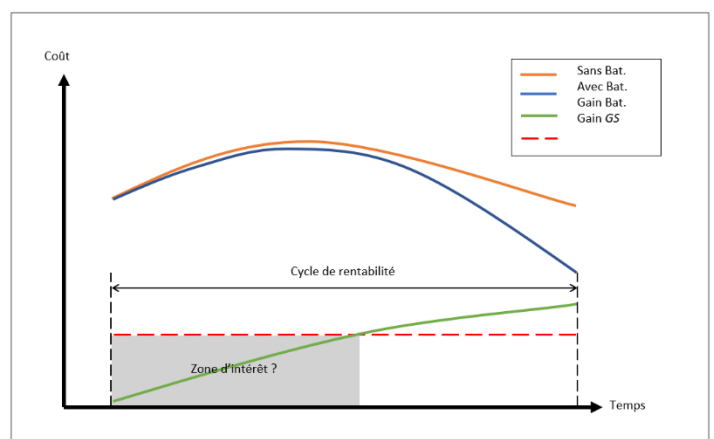


Figure 2 : le calcul point par point du gain que nous obtiendrons en utilisant une batterie correctement dimensionnée. Le cas de cette figure montre la situation où le gain batterie calculé point par point est plus faible que la rémunération possible que nous pouvons obtenir en mettant la batterie au



service du gestionnaire du réseau électrique. Cette situation suggère que la zone grise de la figure représente une zone d'intérêt. C'est une fausse zone d'intérêt car la batterie est utilisée selon une stratégie dans le temps et un calcul point par point du gain batterie n'est pas adapté.

Le gain que nous pouvons avoir avec le Grid-service doit également être discuté. En effet, quand la batterie est mise en disponibilité, elle n'est pas forcément utilisée, et donc pas rémunérée, pendant toute la période de disponibilité. Il faut donc déterminer en quelque sorte un gain Grid-service moyen, noté  $\langle \text{gain} \rangle_{GS}$ , correspondant au cycle de rentabilité de la batterie défini précédemment.

### Calcul par cycle et durée du cycle de rentabilité

La batterie ne diminue pas forcément le coût de fonctionnement de l'installation à chaque instant de son utilisation, mais plutôt sur une certaine période donnée. En chargeant la batterie, nous « épargnons » de l'énergie dans la batterie afin de l'utiliser ultérieurement. Cette épargne d'énergie permettra d'avoir un rendement économique supérieur. Le cycle de rentabilité correspond à la période incluant le cycle de charge et de décharge de la batterie. C'est-à-dire, le cycle de rentabilité doit être le cycle qui couvre l'horizon de la stratégie d'utilisation de la batterie. Pour une installation constituée uniquement de panneaux solaires comme source de production renouvelable et une batterie correctement dimensionnée, très raisonnablement nous pouvons penser que le cycle de rentabilité correspond à 24h. Dans le cadre d'un calcul par cycle, le gain lié au *grid service* doit également être analysé. En effet, quand la batterie est mise en disponibilité, elle n'est pas forcément utilisée pendant toute la durée et donc pas rémunérée. Il faut donc déterminer en quelque sorte un gain moyen, noté  $\langle \text{gain} \rangle_{GS}$ , correspondant au cycle de rentabilité de la batterie défini précédemment.

### Seuil de rentabilité

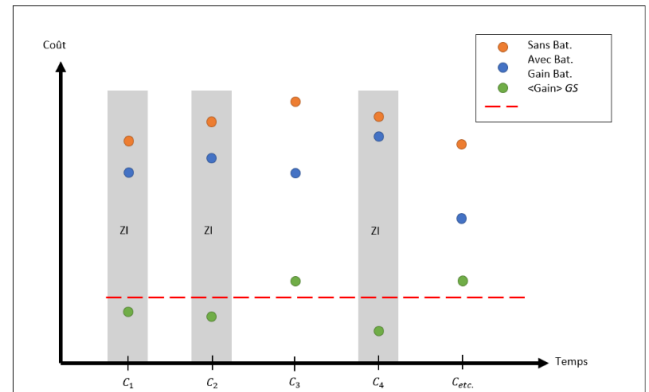


Figure 3 : Le calcul par cycle du gain que nous obtiendrons en utilisant une batterie correctement dimensionnée. Les durées des cycles C1, C2, C etc. sont identiques. Les points représentent le coût moyen de la consommation d'électricité par cycle ; les points en couleur jaune moutarde le coût moyen par cycle sans la batterie, en couleur bleue le coût moyen par cycle avec la batterie et les points verts sont le gain moyen sur le cycle que nous obtenons en utilisant la batterie. La courbe rouge en pointillé représente la rémunération moyenne par cycle que nous recevrons en mettant à disposition la batterie pour le Grid- service. Les zones en couleur grise démarquent les cycles pour lesquels le gain moyen que nous obtiendrons en utilisant la batterie est inférieure à la rémunération moyenne de la batterie par le grid service.

Sur la *figure 3* chaque point représente une valeur moyenne calculée sur la durée du cycle. La courbe rouge en pointillé représente la rémunération moyenne par cycle que nous recevrons en mettant à disposition la batterie pour le Grid-service. Dit autrement, cette courbe montre le seuil de rentabilité de l'utilisation de la batterie pour le Grid-service.

En analysant la *figure 3*, le gestionnaire de l'installation peut identifier les périodes pour lesquelles il est avantageux d'utiliser la batterie pour le Grid-service et les périodes pour lesquelles il vaut mieux garder le contrôle.

