Le réseau de transport d'électricité

Méthodes d'indemnisation des systèmes de stockage par batteries

Atelier n°2

23 mars 2026

Déroulé de l'atelier

- **Rappel de notions abordées en atelier 1**
  - Périmètre de la méthodologie proposée
  - Distinction période 1/période 2

- **Présentation de la méthode d'estimation du préjudice en période 2**
  - Objectif et approche retenue
  - Les hypothèses simplificatrices
  - L'outil d'estimation de la rémunération
  - Calcul de l'indemnisation

- **Retours suite à l'atelier 1**

Rappels de l'atelier 1

Périmètre de la méthodologie proposée

La méthodologie sera applicable :

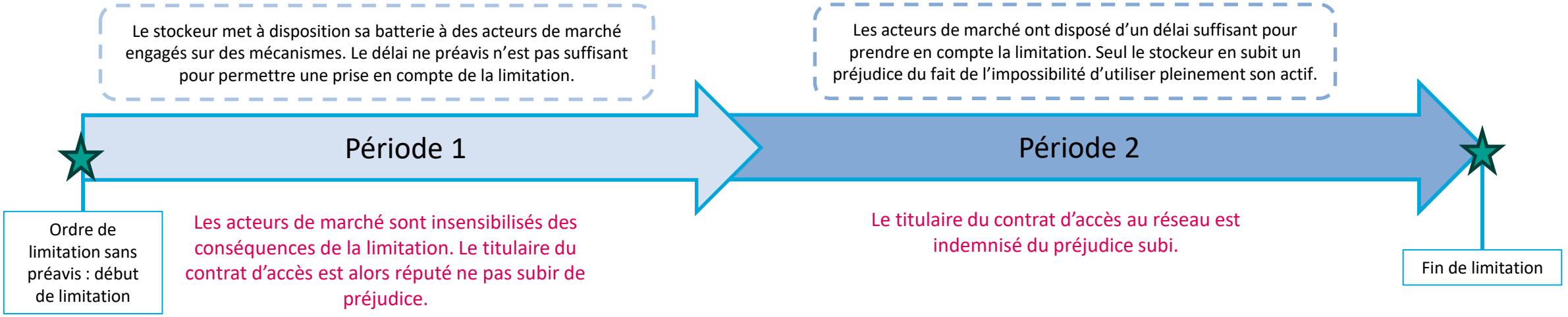
- Uniquement aux systèmes de stockage **par batteries** non couplés à de la production/consommation ;
  - ↳ Les sites « hybrides » sont exclus de la méthodologie pour le moment.

- Pour tout type de limitation ou interruption (travaux, aléas, congestion réseau) **dès lors que la responsabilité du gestionnaire de réseau est engagée**.
  - ↳ Les limitations s'inscrivant dans le cadre d'une offre de raccordement alternative (quota ou gabarit) et/ou raccordement anticipé ne sont pas éligibles à une insensibilisation/indemnisation tant que les engagements ne sont pas « dépassés ».

La méthodologie proposée distingue deux périodes (Période 1/Période 2)

Beaucoup de batteries sont mises à disposition d'acteurs de marché pour participer aux mécanismes de marché.

- Lorsque des limitations surviennent sans préavis et pendant une période courte (appelée **période 1**) : les acteurs de marché engagés sur les différents mécanismes de marché n'ont pas pu prendre en compte la limitation dans leurs engagements. Si rien n'est fait, l'acteur de marché sera pénalisé. Sur cette période 1 les acteurs sont **insensibilisés** des conséquences de la limitation de leurs **engagements sur les marchés.**
- Lorsque les limitations surviennent avec préavis / après la période 1 : les acteurs de marché sont réputés avoir pu prendre en compte la limitation, ils ne sont pas pénalisés. C'est la **période 2**, seul le titulaire du contrat d'accès au réseau subit un préjudice qui fait l'objet d'une indemnisation.



Remarque : Les limitations s'inscrivant dans le cadre d'une offre de raccordement alternative (quota ou gabarit) et/ou raccordement anticipé ne sont pas éligibles à une insensibilisation/indemnisation tant que le quota d'heures n'est pas atteint

Période 2 : démarche globale

Une méthode de référence pour l'estimation des préjudices

En période 2, le stockeur n'est plus considéré comme engagé sur les mécanismes de marché. En cas de préjudice, ce dernier n'est pas subi par les acteurs de marché mais par le porteur du contrat d'accès au réseau au titre d'une perte d'opportunité. Le préjudice est évalué dans le cadre du contrat d'accès au réseau.

- Rappel : les Contrats d'Accès au Réseau de Transport et de Distribution prévoient une indemnisation pour des préjudices qualifiés de :
  - « réels, directs, actuels et certains » dans le CART P&S ;
  - « directs et certains » dans CARD-I.

- Pour un gestionnaire de réseau, il est difficile d'établir un préjudice « direct et certain » puisque l'injection et le soutirage d'une batterie sont entièrement pilotables (à la différence des EnR).

- Cela soulève le besoin de définir les principes d'indemnisation des batteries limitées pendant la période 2, dès lors que ces limitations ouvrent droit à indemnisation au titre du CART/CARD

Objectif : Mettre en place une méthode standardisée faisant office de référence, permettant de couvrir les cas d'usage les plus courants et d'éviter des traitements au cas par cas issus de réclamations

Une approche nécessitant d'estimer la rémunération journalière (approche différente des EnR)

Pour les EnR terrestres, les modalités d'indemnisation prévoient de calculer l'énergie « perdue » et de la valoriser pour en déduire le préjudice. Cette approche nécessite une estimation du comportement théorique de l'EnR en l'absence de la limitation (notion de « courbe de référence »).

Le caractère pilotable des systèmes de stockage par batteries rend la courbe de référence, au-delà de la fenêtre d'appel, à la fois difficile à établir de manière fiable. Aussi, l'approche retenue consiste à estimer l'impact de la limitation directement sur la rémunération, sans passer par l'estimation de l'« énergie perdue ».

Cette nouvelle approche nécessite de comprendre les principaux leviers de rémunération pour les systèmes de stockage par batteries.

Nous avons identifié les **mécanismes de rémunération principaux** suivants :

- Achat/vente (arbitrage) sur les marchés d'énergie ;
- Les réserves (primaire, secondaire, rapide et complémentaire) ;
- Le mécanisme d'ajustement ;
- Le mécanisme de capacité.

Insensibilisation sur le mécanisme de capacité

Le mécanisme de capacité est un mécanisme long terme, les acteurs s'engagent en A-4 et en A-1.

La rémunération est conditionnée par le contrôle du respect des engagements de l'acteur (injection ou disponibilité sur les marchés sur les jours PP*)

En cas de limitation indemnisable provenant du RPT ou RPD, les règles de marché prévoient de neutraliser les pas de temps de toute la limitation sur la plage de contrôle du respect des engagements. Les périodes de limitation/interruption sont ainsi exclues du contrôle des engagements.

La méthode d'insensibilisation s'applique au MECAPA, en supposant que la durée de la limitation est entièrement couverte par l'insensibilisation.

*Dans le nouveau Mécanisme de capacité, entré en vigueur pour l'hiver 2026, les jours PP1 et PP2 sont remplacés par les jours PP.

Hypothèses (1/2)

Hypothèse simplificatrice n°1 : Traitement du préjudice potentiel lié au Mécanisme d'Ajustement

Le prix de l'offre sur le mécanisme d'ajustement est fixé par le stockeur. Le gestionnaire de réseau n'a pas connaissance du prix que le stockeur aurait proposé, ni si l'offre aurait été activée puisque l'ordre d'activation dépend de la préséance économique.

Par ailleurs, la corrélation entre les prix observés sur le marché SPOT de l'énergie et les prix sur le MA nous semble de nature à permettre une assimilation du calcul des rémunérations au titre du MA et de l'arbitrage marché.

Par conséquent il sera considéré que la rémunération des stockeurs au travers de leurs batteries est principalement issue :

- D'une participation aux réserves
- D'un arbitrage en fonction des prix de marché SPOT

➡ Hypothèse simplificatrice n°1 : L'évaluation du préjudice MA est assimilée, dans son calcul, à l'arbitrage marché

Hypothèses (2/2)

Hypothèse simplificatrice n°2 : Convergence des prix

La profondeur limitée du marché des réserves couplée à la taille importante de la file d'attente pour les stockages et la croissance de la puissance raccordée des EnR amènent à anticiper une convergence des rémunérations possibles pour un système de stockage par batteries sur les marchés de l'énergie et les réserves, et ce à moyen terme.

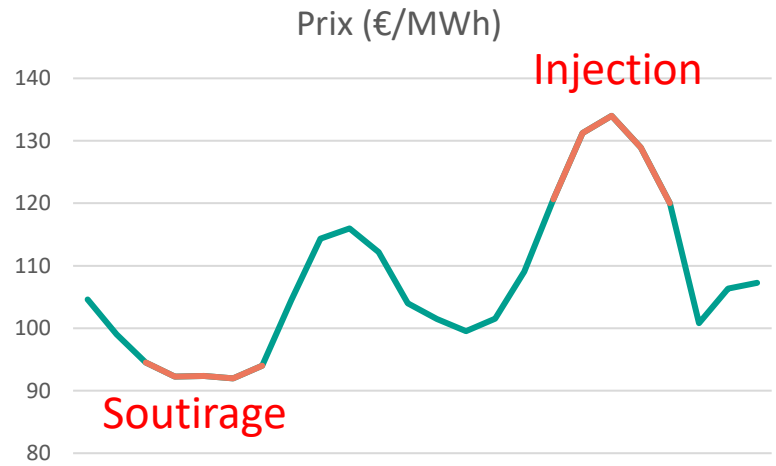
- Ainsi, il sera considéré par la suite que les rémunérations des stockeurs sur l'arbitrage marché et sur les réserves sont amenées à converger à moyen terme.

- Cette hypothèse se traduit par une rémunération à attendre sur une journée au travers de l'arbitrage marché égale à la rémunération au titre de la participation aux réserves.

➡ Hypothèse simplificatrice n°2 : pour une batterie, le montant du préjudice subi à cause d'une limitation totale sur une journée est la même que l'on considère l'arbitrage marché ou la participation aux réserves

L’arbitrage marché

L’arbitrage sur le marché de l’électricité consiste à acheter l’énergie lorsque les prix sont bas, puis à la revendre lorsque les prix augmentent. Cette stratégie vise à exploiter les variations de l’offre et de la demande afin de maximiser la différence entre le prix d’achat et le prix de vente, et ainsi optimiser les gains.



Pour estimer le préjudice en lien avec l’arbitrage marché, il est proposé d’utiliser un outil développé par RTE permettant de **simuler le comportement optimal** d’un site de stockage de manière à optimiser ses gains sur le marché à partir des prix de marché réalisés. Par construction, cet outil calcule un gain théorique maximal.

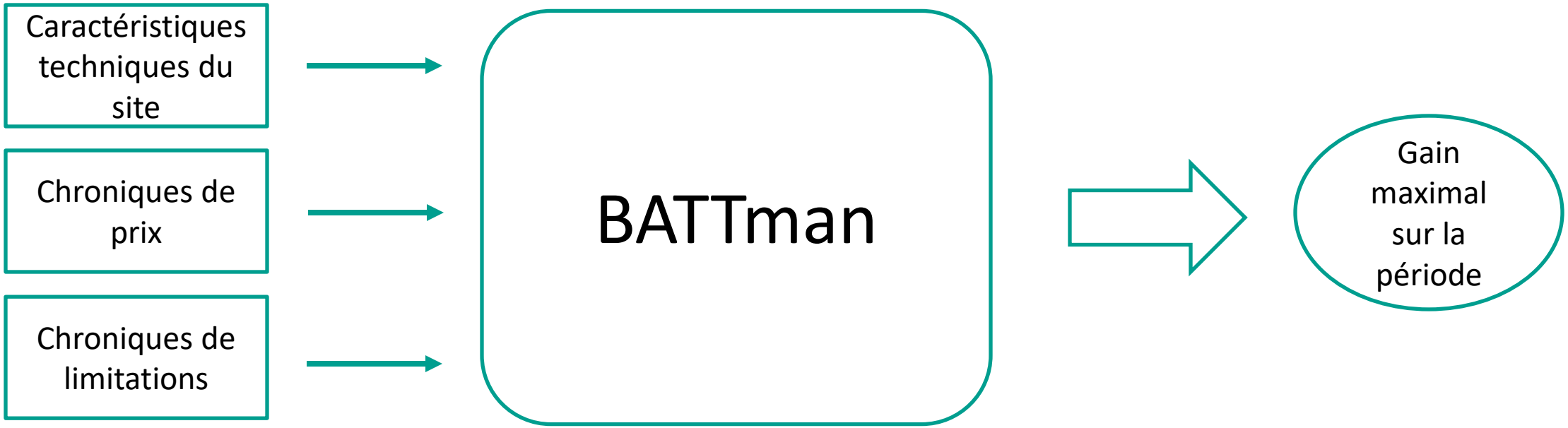
Cet outil est en libre accès (GitHub - rte-france/BATTman).

La rémunération de référence se base sur l'arbitrage marché

Mécanisme	Rémunération journalière de référence	Commentaires
Achat/vente (arbitrage) sur les marchés d'énergie	**Simuler le comportement optimal** d'un site de stockage de manière à optimiser ses gains sur le marché	Utilisation d'un optimiseur développé par RTE
Le mécanisme d'ajustement	Assimilé à l'arbitrage marché	Hypothèse 1
Les réserves (primaire, secondaire, rapide et complémentaire)	Assimilé à l'arbitrage marché	Hypothèse 2
Le mécanisme de capacité	Insensibilisation sur la durée de limitation	Mécanisme avec des engagements à long terme

L’outil BATTman, un optimiseur pour calculer la rémunération maximale en arbitrage

Pour déterminer le comportement optimal du système de stockage par batteries, BATTman nécessite d’avoir plusieurs éléments en entrée.



Estimation des préjudices – Arbitrage marché

Les données nécessaires sont les suivantes :

- La puissance de la batterie : donnée propre à chaque batterie ;
- La puissance de raccordement : donnée propre à chaque batterie ;
- La capacité de la batterie : donnée propre à chaque batterie ;
- **L'état de charge au début de la limitation : 50 %**
- **L'état de charge à la fin de la limitation : 50%**
- **Plage de fonctionnement en capacité de la batterie (SOC min et SOC max) : [20%-80%]**
- **Taux de pertes : rendement de 90% sur l'énergie échangé + 2kW/MWh pour la consommation des auxiliaires ;**
- **La quantité d'énergie échangée sur le marché par jour : capacité de la batterie (1 cycle par jour) ;**
- Les chroniques de prix SPOT de la période : utilisation des prix SPOT J-1

Les paramètres en gras seront communs pour toutes les batteries, les valeurs en vert correspondent à nos propositions pour discussion.

Distinction limitation totale/limitation partielle

- **Pour une limitation totale**, l'hypothèse de convergence des prix se traduit par un préjudice équivalent sur l'arbitrage marché et sur les réserves.

- **Pour une limitation partielle**, les conséquences sont différentes pour les SSy-f et l'arbitrage marché :

  - Pour une batterie engagée sur les SSy-f : perte linéaire de rémunération pour la part capacitaire
    - Limitation à 80 % de sa puissance de raccordement => perte de 20 % de la rémunération de la batterie pour la part capacitaire

  - Pour une batterie se valorisant sur le marché SPOT : perte non linéaire de rémunération
    - la batterie peut se réoptimiser en captant les pas de temps les plus rémunérateurs => les calculs de préjudice sur les cas d'usage testés conduisent à des montants faibles pour des profondeurs de limitation peu profondes
    - Limitation à 80 % de sa puissance de raccordement => perte de qqs % de la rémunération sur l'arbitrage

Indemnisation proposée en cas de limitation totale

La méthode proposée consiste :

- A considérer que le préjudice est équivalent par hypothèse pour l ’arbitrage marché et les réserves.
- A calculer le préjudice grâce à l’outil BATTman : **Le résultat de la simulation correspond au préjudice.**

Indemnisation proposée en cas de limitation partielle

1. **Pour une batterie non certifiée (FCR ou aFRR)** :

- Hypothèse : la batterie n'est utilisée que pour de l'arbitrage marché (SPOT)
- Calcul du préjudice par différence entre le gain réalisable sans la limitation et le gain réalisable avec la limitation
- Le préjudice de la batterie est le « préjudice Arbitrage » défini comme suit :

Préjudice Arbitrage = Résultat BATTman sans la limitation* − Résultat BATTman avec la limitation*

* Simulation sur des journées complètes

2. Pour une batterie certifiée (FCR ou aFRR)

- Calcul du préjudice « en espérance », en prenant en compte que la batterie, si elle n'est pas retenue sur la réserve, va se valoriser sur l'arbitrage :
  - Avec probabilité ***Coeff AO*** , la batterie est retenue sur les Réserves
  - Avec probabilité ***1-Coeff AO*** , la batterie fera de l'arbitrage marché
- Le préjudice Reserve est linéaire par rapport à la profondeur de limitation.

Préjudice batterie= *Coeff AO* **x** **Préjudice Réserve** + *(1-Coeff AO)* **x** **Préjudice Arbitrage**

Préjudice réserve = Profondeur de limitation x Rémunération réserve**

** Par hypothèse : Rémunération réserve = résultat BATTman sans la limitation, calculé sur des journées complètes

SSy-fréquence
Probabilité de remporter un AO

Pour se positionner sur les Services Système fréquence, une batterie doit faire l'objet d'une certification.

Introduction d'un coefficient de probabilité de remporter un AO

La certification ne garantit pas de remporter un AO. Il est proposé d'ajouter un coefficient représentant la probabilité que l'agrégat de la batterie limitée soit lauréat d'un AO sur une période donnée.

Proposition : Ce coefficient sera calculé sur une maille mensuelle et peut être calculé de la manière suivante :

$$\text{Coefficient AO} = \frac{\text{Moyenne de la puissance programmée par les EDP batteries retenues sur le mois}}{\text{Puissance de l'ensemble batteries certifiées sur le mois}}$$

Synthèse

Calcul du préjudice	Batterie certifiée	Batterie non certifiée
Limitation totale	Résultat BATTman sans la limitation	
Limitation partielle	Coeff AO * Préjudice Réserve + (1 – Coeff AO) * Préjudice arbitrage	Résultat BATTman sans la limitation - Résultat BATTman avec la limitation

Retours suite à l'atelier 1

Les points suivants, formulés lors du premier atelier, sont en cours d'instruction :

- Insensibilisation en cas de fin de limitation non annoncée ou avec un préavis non suffisant
- Durée de l'insensibilisation pour le MA en cas d'AO annuel/périodique
- Spécificités RPD : Règles marchés et utilisation d'une clé de répartition pour recréer le PA d'un stockeur.