

Concertation Ringo

Volet Industriel

Ordre du jour

- **Présentation des objectifs du projet Ringo, des caractéristiques des 3 sites, du planning**
- **Architecture du système de commande des batteries pour gérer des congestions – Minimisation des écrêtements de productions renouvelables – Automates de zone**
- **Critères de choix pour la sélection des sites – Simulations du fonctionnement des batteries**



1

Présentation des objectifs du projet Ringo, des caractéristiques des 3 sites, du planning

Contexte

Les ruptures technologiques et numériques permettent de développer des solutions de flexibilité innovantes, selon trois grandes familles :

- **Mesures dynamiques permettant d'exploiter les matériels à leurs limites réelles plutôt qu'à des limites normatives (température réelle des lignes, corrosion réelle des pylônes, etc.)**

- **Intégration de nouveaux leviers de flexibilités (automates topologiques, transformateurs déphaseurs, impédances variables, batteries, etc.)**

- **Mobilisation des flexibilités de tiers, en consommation comme en production, ceci incluant l'écrêtement de production enr.**

La stratégie de RTE est d'apporter de la flexibilité au réseau, afin d'optimiser l'usage des actifs existants, et ainsi éviter ou reporter des investissements de long terme quand c'est possible. Le projet RINGO s'inscrit dans cette démarche.

Objectifs du projet Ringo

- **Expérimenter l'utilisation de batteries de grande taille (de l'ordre de quelques MWh à quelques dizaines de MWh) pour gérer automatiquement des congestions intermittentes dues aux énergies renouvelables**
- **Valider cette solution dans un contexte d'exploitation**
- **Différer (voire éviter) des solutions de renforcement du réseau plus classiques pour gérer ces congestions**
- **Acquérir une expertise sur ces nouveaux équipements qui fourniront bientôt différents services système: gestion des congestions, réglage primaire de fréquence, etc.**

Ces objectifs s'inscrivent dans une démarche d'innovation et dans le projet d'entreprise de RTE :

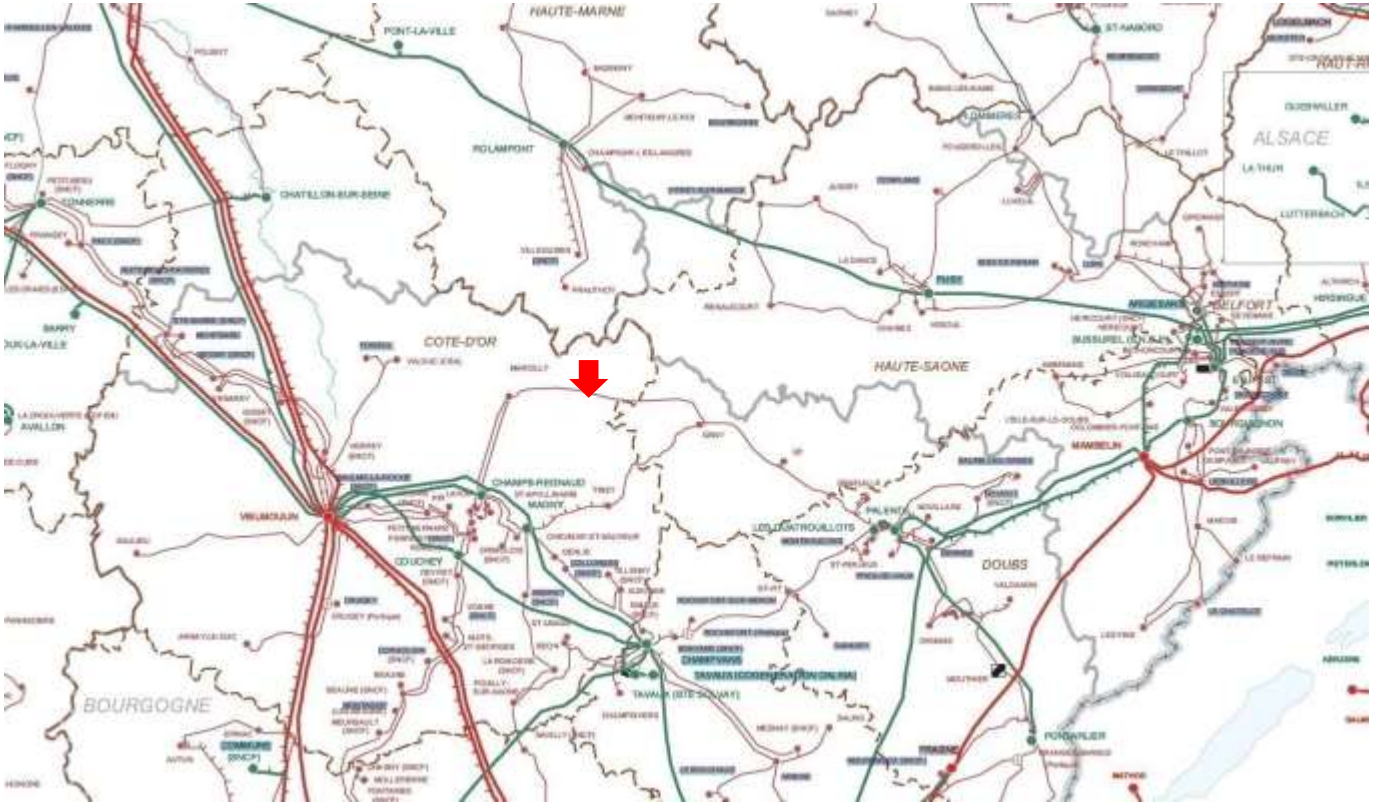
« *Développer une approche nouvelle de l'exploitation du système électrique* »

Les sites sélectionnés

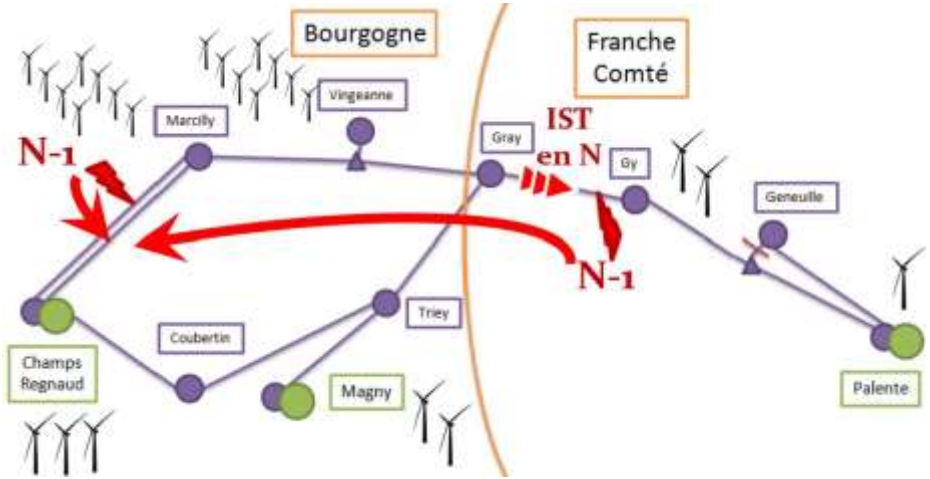


Sites	Taille
Poste 63 kV de Vingeanne	12 MW et 24 MWh
Poste 90 kV de Bellac	12 MW et 24 MWh
Poste 63 kV de Ventavon	12 MW et 24 MWh

Zone RINGO de Vingeanne

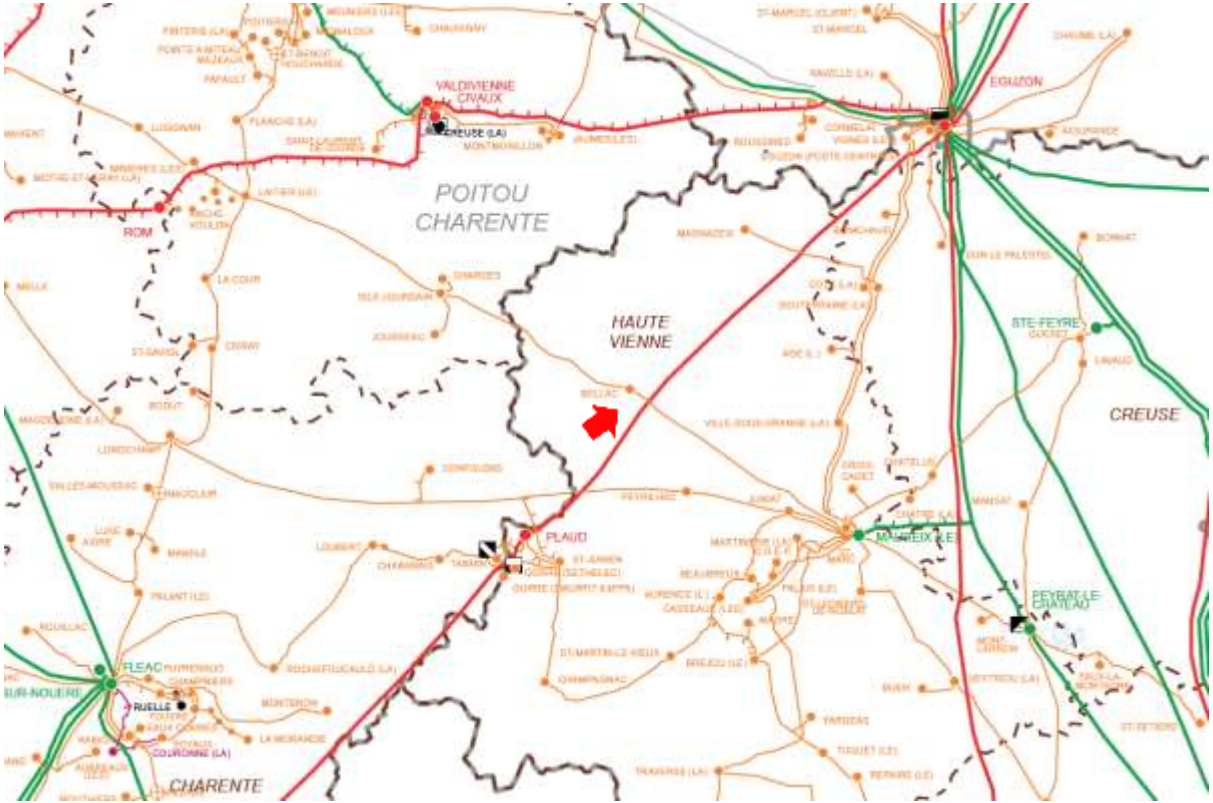


Zone RINGO de Vingeanne



- **Zone de développement important des EnR, création d'un poste « collecteur » dédié à Vingeanne**
- **Mais, apparition de « contraintes » sur les lignes vers 2020-21**
  - **Dans certaines situations de forte production en « N » (principalement en été)**
  - **si des incidents surviennent sur certains ouvrage (situation de N-1)**

Zone RINGO de Bellac

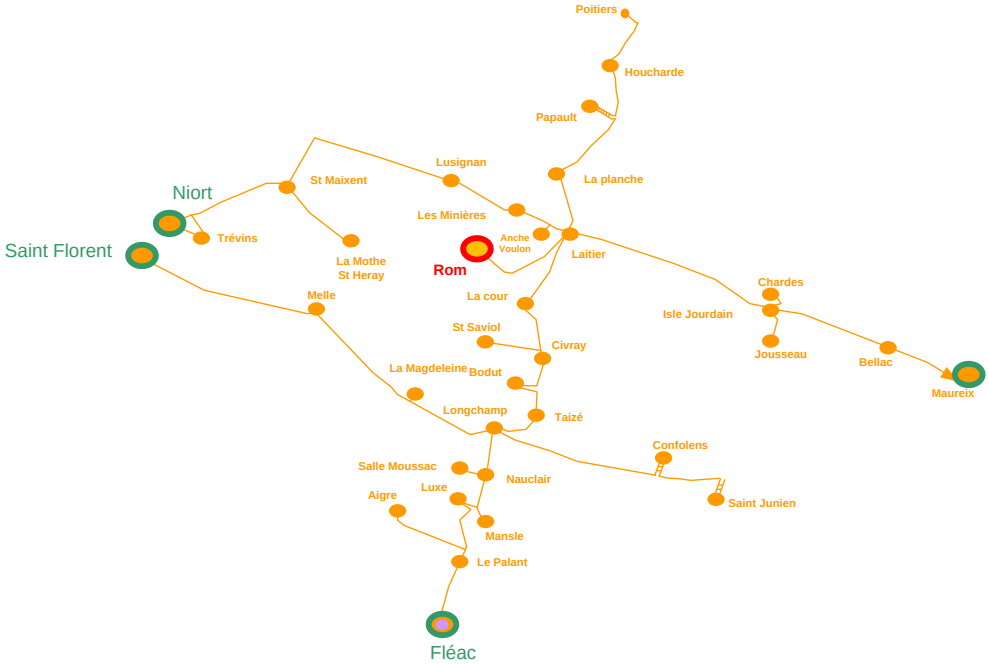


Zone RINGO de Bellac

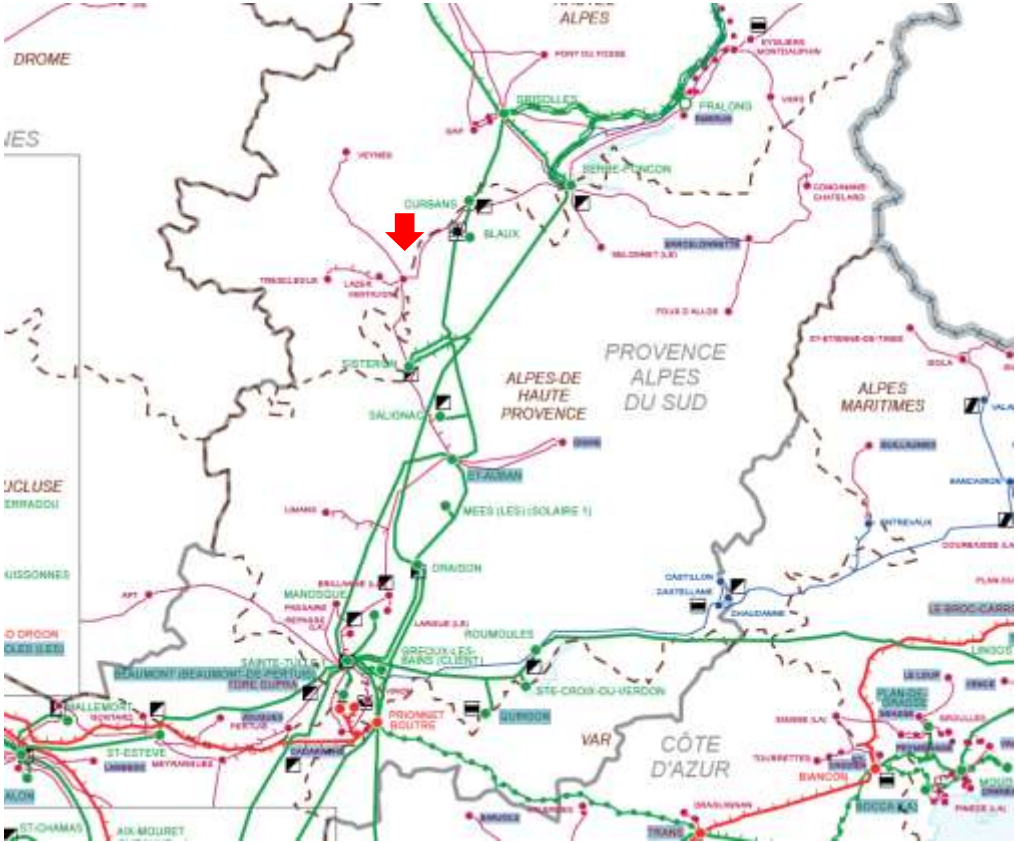
- **Zone de développement important des EnR, zone largement excédentaire en production**
- **Zone complexe avec de nombreuses contraintes en N et en N-1 → un automate de zone est prévu dans cette zone**

- **La zone RINGO est un sous-ensemble de cette zone: file Laitier-Maureix**
  - **Dans certaines situations de forte production, contraintes en N sur la ligne Bellac-Maureix**
  - **En cas de perte de la ligne Bellac-Maureix, la ligne Isle-Jourdain-Laitier entre en contrainte et réciproquement**

- **Le site RINGO de Bellac permettra d'absorber la production excédentaire qui ne peut être évacuée par le réseau**

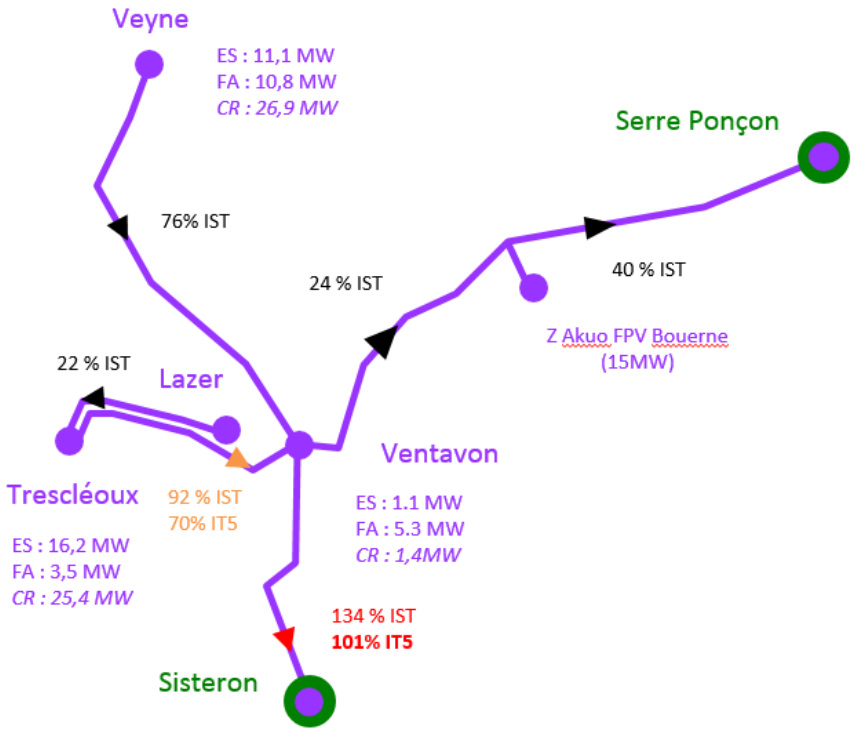


Zone RINGO de Ventavon



Zone RINGO de Ventavon

- **Zone de développement de production photovoltaïque**
- **La production des postes en antenne de Veynes, Trescleoux et Lazer s'évacuent majoritairement vers Sisteron avec la production de Ventavon → apparition de contraintes N sur la ligne Ventavon-Sisteron**
- **Contraintes en N-1 sur Ventavon-Sisteron et sur Venavon- Serre-Ponçon**



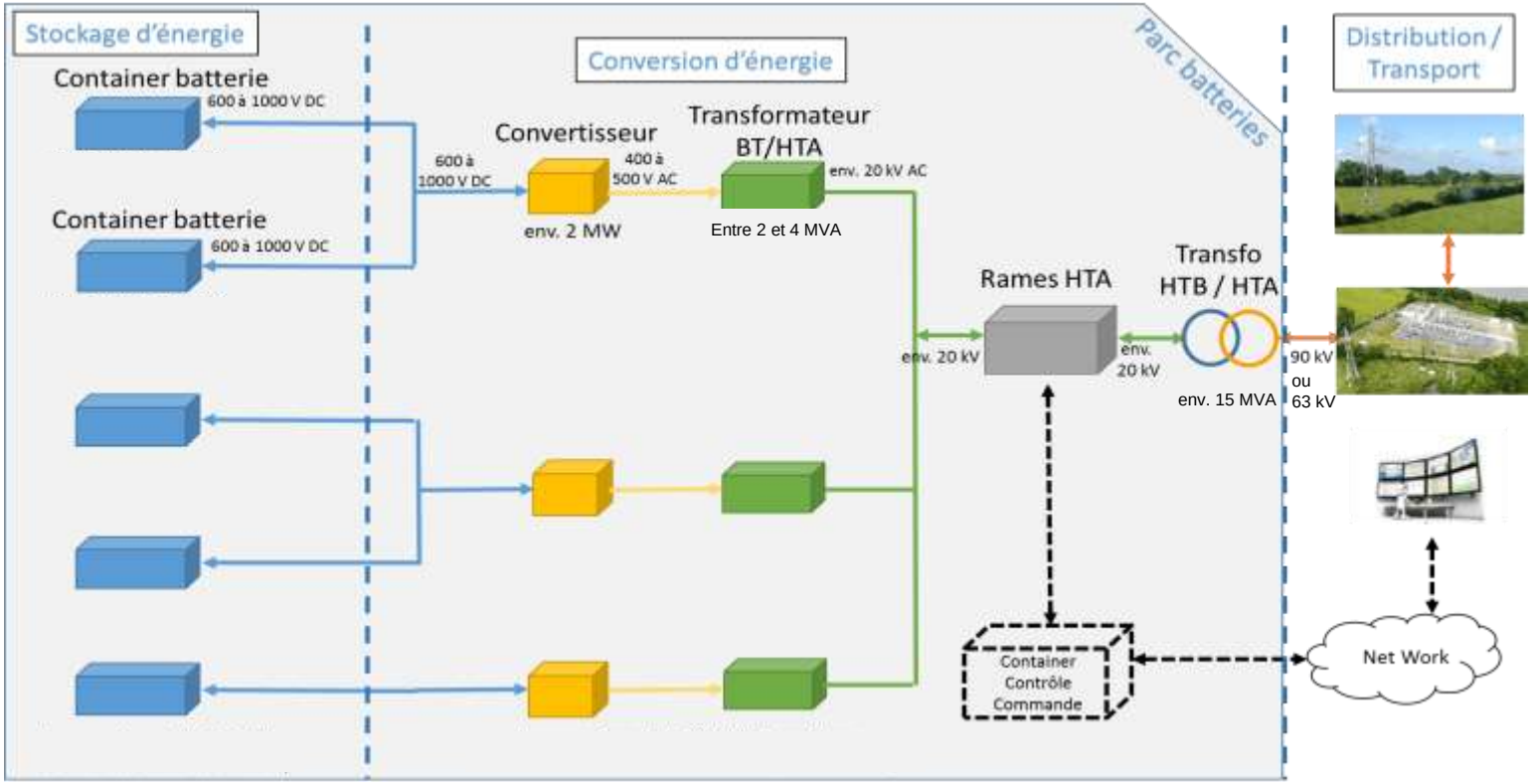
Points communs des 3 zones

Les 3 sites sélectionnés par RTE pour accueillir les batteries Ringo ont différents points communs:

- ✓ **Les sites sont localisés dans des régions de forte progression des EnR et inclus dans les schémas S3REnR**
- ✓ **Des contraintes N et N-1 sont anticipées dans les années suivantes**
- ✓ **Différentes solutions de flexibilités sont disponibles pour participer à la gestion de ces contraintes**

Les zones choisies pour accueillir les batteries du système sont incluses dans un schéma S3REnR, avec une anticipation de contraintes.

Schéma de principe d'une site RINGO

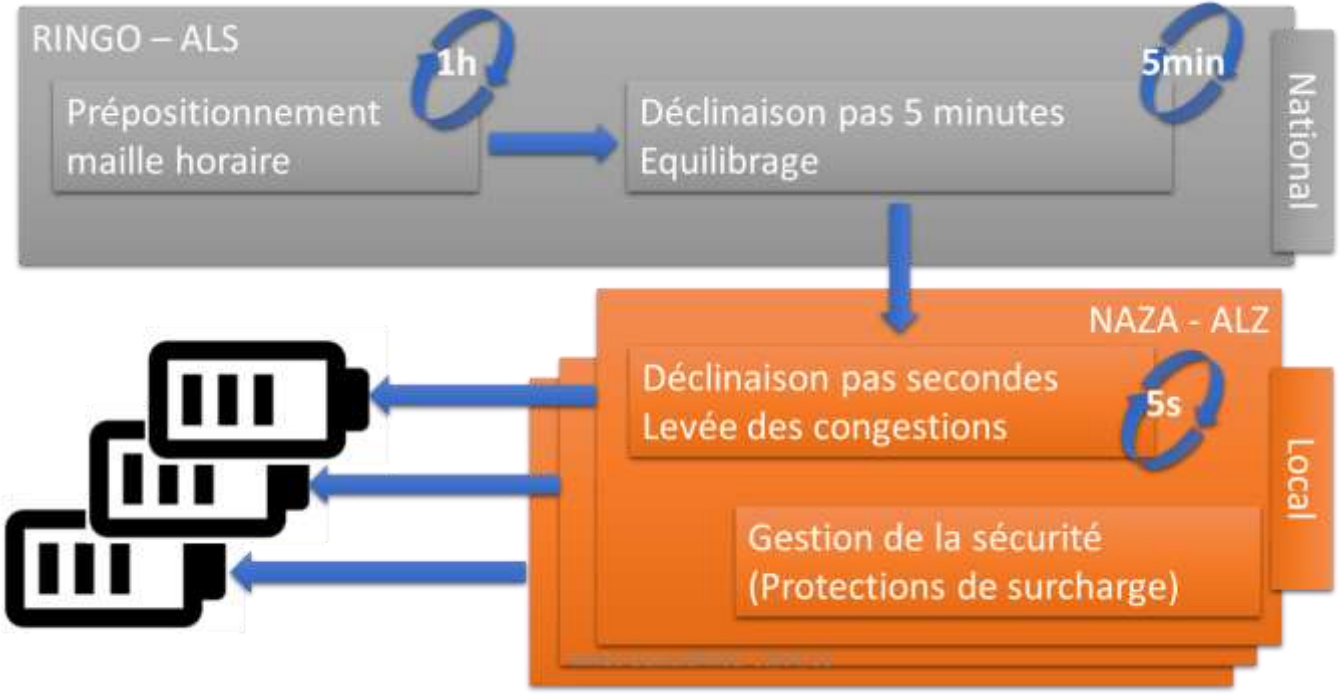


Aménagement d’un site RINGO – Exemple de Vingeanne



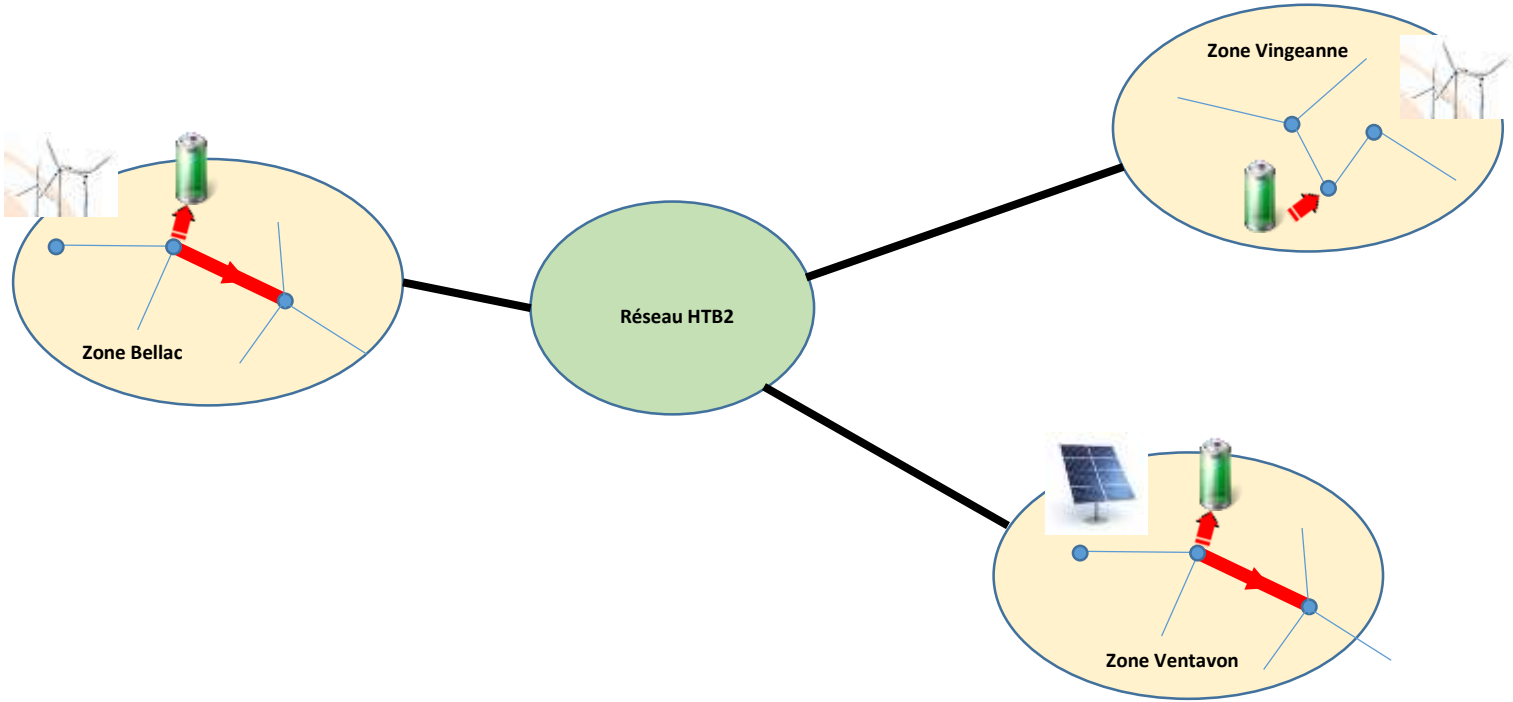


Chaîne de commande des batteries pour gérer des congestions

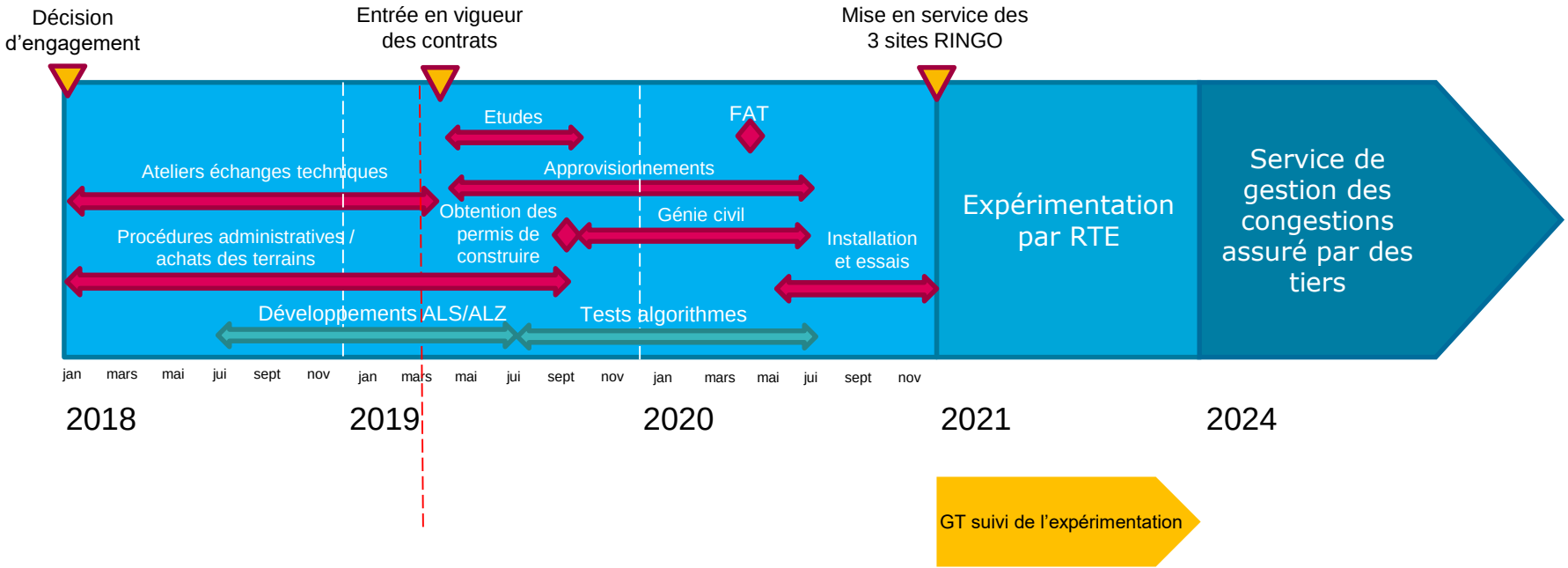


Contrainte d'équilibrage pour RTE pendant la phase d'expérimentation

Les batteries sont exploitées pour gérer les congestions en restant à bilan nul ➔ pas d'impact sur l'équilibre offre – demande



Planning de réalisation / Etat d'avancement





2

Architecture du système de commande des batteries pour gérer des congestions

Principes généraux

Le système de batteries RINGO utilise 3 batteries pour participer à la résorption de congestions sur 3 sites.
Pour ce faire, deux systèmes complémentaires sont développés :

✓ Des automates hiérarchisés

Ils ont un champ d'action et d'observation sur plusieurs niveaux

Ils observent les flux pour gérer l'état de charge des batteries et déclencher des actions (charge/décharge) en cas de contrainte.

Ils agiront de plus sur d'autres moyens (écrêtements de production, changement de topologie) si besoin.

✓ Des tunnels de capacité

Ces tunnels de capacité calculent, en prévisionnel, les degrés de libertés de la batterie, en fonction des situations réseau/production/consommation prévisionnelles.

Ce concept a fait l'objet de recherches académiques et est industrialisé dans le projet Ringo (les publications scientifiques sont publiques et également disponibles sous concerte).

Architecture à 3 niveaux

L'automate de zone est conçu suivant le principe suivant : **Optimize – Control - Protect**

Trois niveaux sont nécessaires pour surveiller et agir à l'échelle d'une zone

1. **Niveau centralisé** : ALS Automate Lent Supérieur
- Récurrence 5 minutes ou 1 heure
- Horizon quelques heures
- Situations réseau prévisionnelles
- Analyse N et N-1

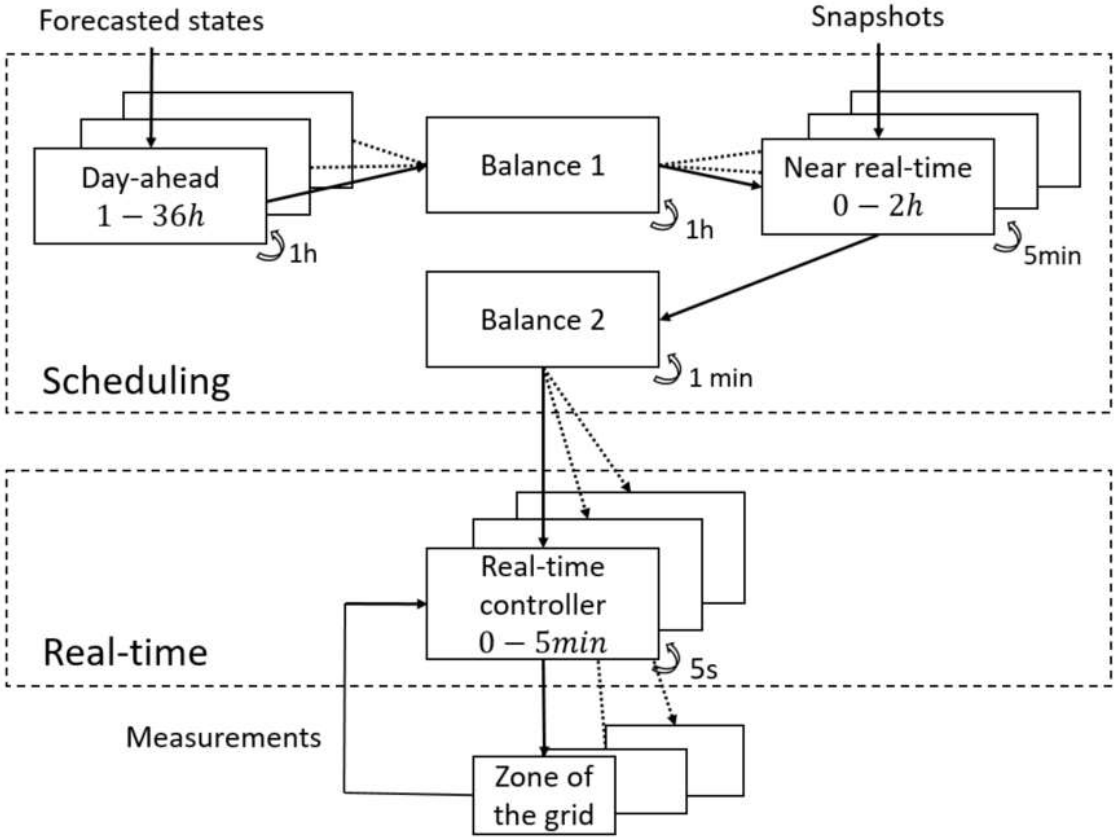
2. **Niveau zonal :** ALZ Automate Lent de Zone
- Quelques postes à 40 postes
- Horizon quelques minutes
- Actions quelques secondes

3. **Niveau poste** :
- protections de surcharge et protections de distance

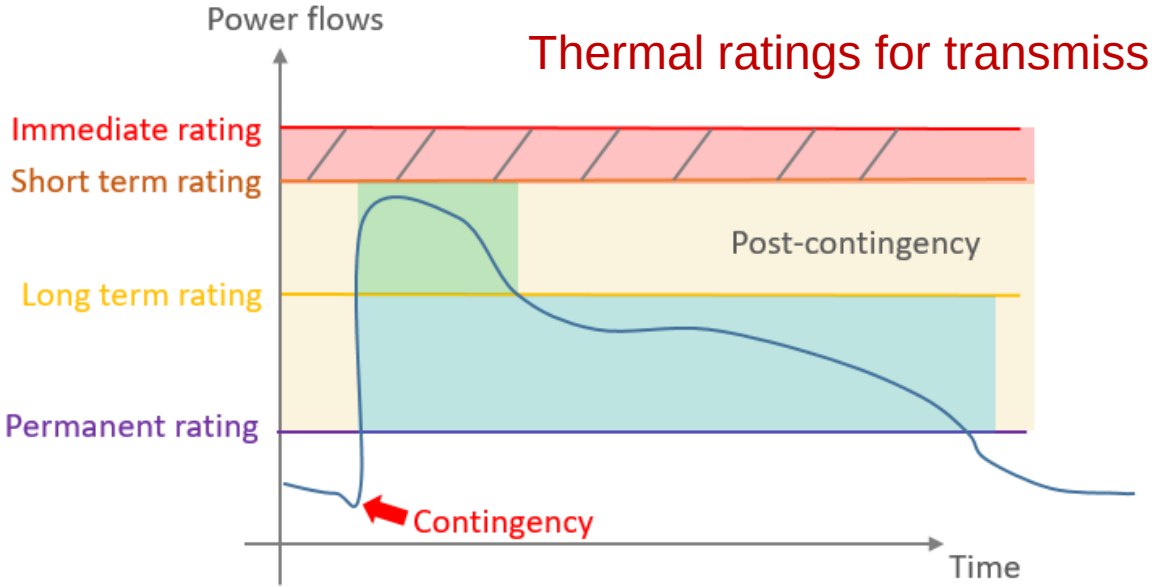
Architecture à 3 niveaux

ALS

ALZ - NAZA



Protections



Thermal ratings for transmission power lines

In N (no contingency): The power flows must stay below the permanent rating.

In N-1 (outage of another line): The power flows must stay below the immediate rating and respect the short and long term ratings.

Automates de zone

Ces automates gèrent un ensemble de postes et de lignes électrique, soit une *zone.*

Les *leviers* sont prédéfinis :

- Parcs effaçables ou limitables, avec quels délais
- Disjoncteurs pouvant être actionnés par l'automate
- Caractéristiques de la batterie

Les *actions* ne sont pas prédéfinies :

- Elles sont calculées en temps réel à partir des mesures 1 seconde
- L'automate choisit quel parc effacer, quel parc limiter et à quelle valeur, quelle puissance de charge ou de décharge demander à la batterie en fonction des conditions de réseau

Un algorithme calcule les flux, identifie les contraintes en temps réel à partir des mesures 1 seconde et choisit d'agir sur un levier.

Dans le calcul réalisé, l'algorithme prend en compte de nombreux éléments (description technique des ouvrages, description dynamique de l'infrastructure, conditions de réseau, flux, actions passées ou en cours, etc.)

Optimisation et calcul de réseau

En temps réel un modèle d'optimisation est formé et résolu sur la zone :

- Equations du réseau (actif seul, i.e. approximation du courant continu)
- Modélisation des leviers
- Equations d'évolution du SOC (stock d'énergie) dans la batterie en fonction de la puissance chargée/déchargée

La fonction objectif du modèle d'optimisation est la minimisation de l'énergie non évacuée.

Dans son calcul, l'algorithme prend en compte des aspects temporels :

- Depuis combien de temps une limite est franchie -> combien de temps reste-t-il avant action des protections
- Délais des actions déjà envoyées
- Marges selon les statistiques de variation des flux

C'est un modèle d'optimisation sur plusieurs pas de temps (MPC Model Predictive Control)

Pour fonctionner, l'automate de zone a besoin d'un niveau supérieur

Rôle de l’Automate Lent Supérieur

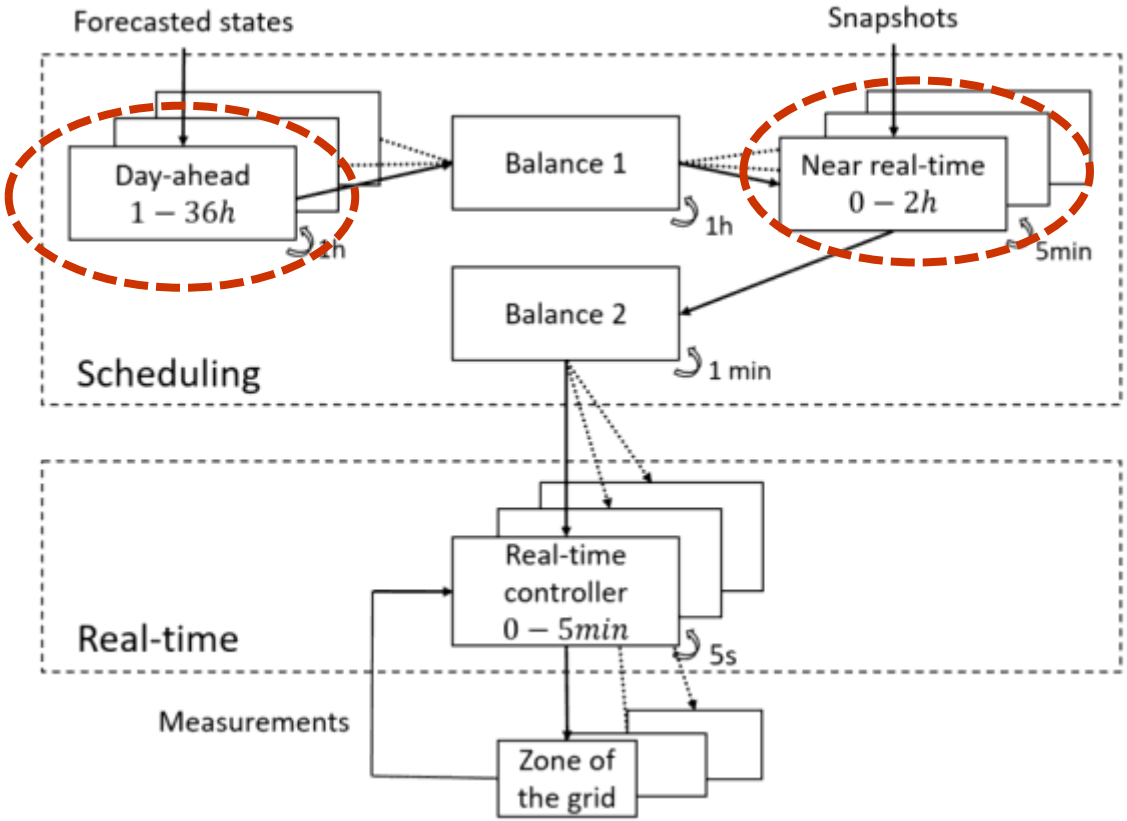
L’automate Lent Supérieur est en charge de la vision prévisionnel du réseau ; il enverra des consignes à l’Automate de Zone.

Son horizon d’analyse prévisionnelle est de 5 minutes à 36 heures.

Il est en charge des actions suivantes:

- ✓ Analyse N et N-1
- ✓ Pré-positionner les batteries (=la vider avant les congestions)
- ✓ Programme de marche des batteries (pour le dispatcher)
- ✓ Alerter si situation non gérable (ex. N-1 →protection de distance)
- ✓ Calculer des actions préventives (automatisables à terme)
- ✓ Gestion de fin d’événement (automatisables à terme)

Rôle de l'Automate Lent Supérieur



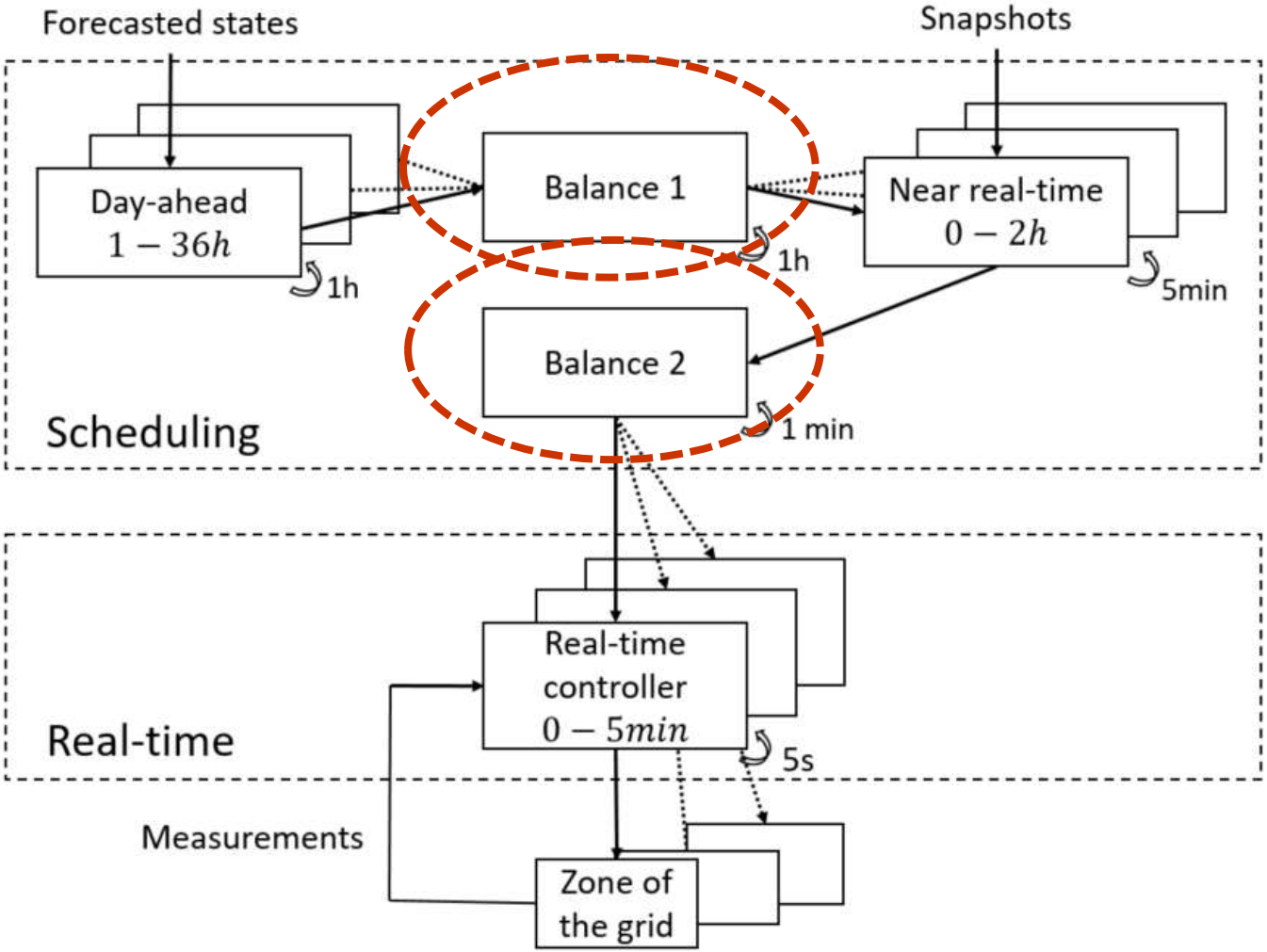
ALS : calcul des plannings

Le calcul des planning se fait par itérations successives entre simulations et optimisation:

- Simulateur N et N-1, sur les SRJ et SRJ mixtes (situations prévisionnelles utilisées par les dispatchings)
- En cas de contraintes, l'algorithme fait appel optimiseur pour déterminer quel est le moyen de résolution de contrainte le plus efficace techniquement et économiquement
- Optimiseur calcul planning batteries
- Nouvelle itération de simulation
- Si les contraintes ne sont pas résolues, baisse des Fmax (représentation du flux maximum dans l'approximation linéaire) et la boucle d'itération est relancée.

⇒ Le simulateur doit pouvoir simuler ALZ !

Le calcul des tunnels (qui vont bientôt être définis) est réalisé simultanément


Forecasted states
Snapshots
Day-ahead
$1-36h$
1h
Balance 1
1h
Near real-time
$0-2h$
5min
Balance 2
1 min
Scheduling
Real-time
controller
$0-5min$
5s
Real-time
Measurements
Zone of
the grid

ALS : équilibrage

Objectif

L'impact EOD du système Ringo est limité, l'ALS doit équilibrer l'injection et les soutirage des batteries lorsque l'une d'elle est activée pour résoudre une contrainte.

Techniquement cela se traduit par une cible ∑soc constante.

Contraintes et priorités

La fonction « équilibrage » inclue une contrainte : équilibrer sans créer de congestions.
Ainsi **la priorité est données à la gestion des congestions.**

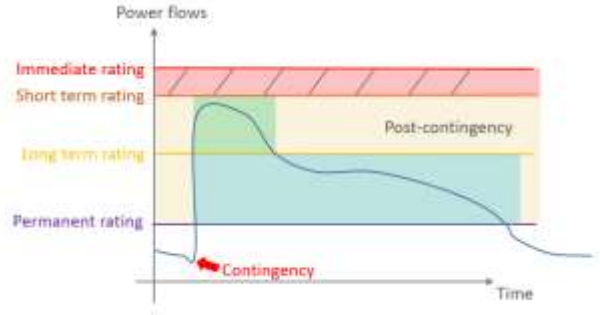
Tunnels

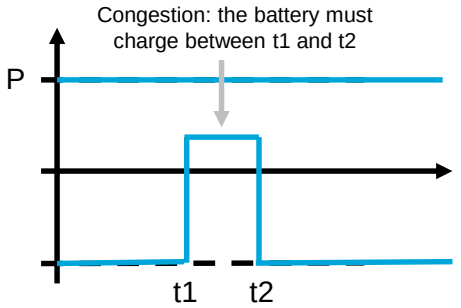
Les modules d'équilibrages utilisent des zones dites « sures » autour des plannings des batteries.
Ces zones « sures » sont appelées tunnels ou tunnels de capacité, en anglais bandwidth.

Pour chaque batterie, les tunnels assurent que:

- La batterie ne crée pas de congestions,
- La batterie permettra à l'automate de zone de gérer les congestion qui peuvent apparaître.

Tunnels prévisionnels de capacité





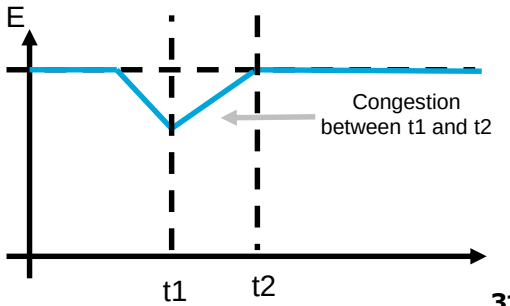
Bandwidth

A bandwidth is an interval within which there is no congestion and the battery operation doesn't create any, ie:

- In N, flows ≤ permanent rating
- In N-1, flows ≤ immediate rating
- In N-1, flows ≤ long-term rating, after fast curative actions
- In N-1, flows ≤ permanent rating, after all curative actions

Bandwidth in power: limitations on the power charge/discharge in the battery

Bandwidth in energy: limitations on the state of charge



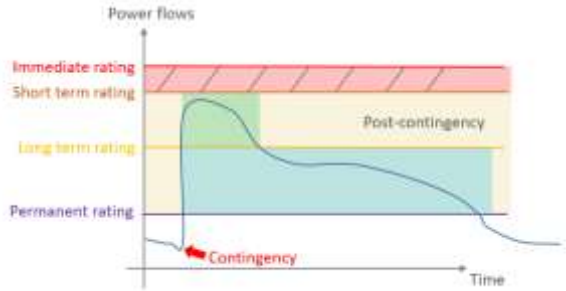
Tunnels pour différents défauts

- Congestion in N :
  No contingency, the flows are under the permanent rating.

$$F^N = f^N\left(P_{prev}^{batt}, P_{prev}^{curt}\right) \leq Permanent\ rating$$

- Congestion in N-1 (immediate rating):
  Contingency. Preventive action.

$$F^{N-1} = f^{N-1}\left(P_{prev}^{batt}, P_{prev}^{curt}\right) \leq Immediate\ rating$$



- Congestion in N-1 (long-term rating):
  Contingency. Fast curative action.

$$F^{N-1} = f^{N-1}\left(P_{prev}^{batt} + P_{cur,N-1}^{batt}, P_{prev}^{curt}\right) \leq Long\ term\ rating$$

- Congestion in N-1 (permanent rating):
  Contingency. Fast + long curative action

$$F^{N-1} = f_{cur}^{N-1}\left(P_{prev}^{batt} + P_{cur,N-1}^{batt}, P_{prev}^{curt} + P_{cur,N-1}^{curt}\right) \leq Permanent\ rating$$

Fast curative action = Battery, node splitting, topological actions
Long curative action = Renewable generation curtailment

Calcul des tunnels

Bandwidths in power (DC-OPF on the zone)

$$min \ \pm P_{prev}^{batt} + c \cdot \sum_{g \in Generators} P_{prev}^{curt,g}$$

$$F_{ij}^{N} = f_{ij}^{N}\left(P_{prev}^{batt}, P_{prev}^{curt,g}\right) \leq Permanent\ rating, \forall ij \in Lines$$
$$F_{ij}^{N-1} = f_{ij}^{N-1}\left(P_{prev}^{batt}, P_{prev}^{curt,g}\right) \leq Immediate\ rating, \forall ij \in Lines$$
$$F_{ij}^{N-1} = f_{ij}^{N-1}\left(P_{prev}^{batt} + P_{cur,N-1}^{batt}, P_{prev}^{curt,g}\right) \leq Long\ term\ rating, \forall ij \in Lines$$
$$F_{ij}^{N-1,+} = f_{ij}^{N-1,+}\left(P_{prev}^{batt} + P_{cur,N-1}^{batt}, P_{prev}^{curt,g} + P_{cur,N-1}^{curt,g}\right) \leq Permanent\ rating, \forall ij \in Lines$$

$$P_{min}^{batt} \leq P_{prev}^{batt} + P_{cur}^{batt} \leq P_{max}^{batt}$$
$$0 \leq P_{cur,N-1}^{curt,g} + P_{prev}^{curt,g} \leq P_{max}^{curt,g} \forall g \in Generators$$

Solved independantly for each time step:

- $\bar{P}^0, \bar{P}^1 \ldots, \bar{P}^{23}$
- $\underline{P}^0, \underline{P}^1 \ldots \underline{P}^{23}$

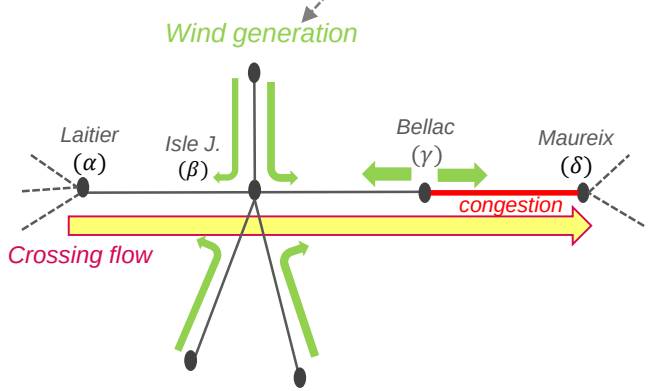
Then used for the computations of bandwidth in energy.

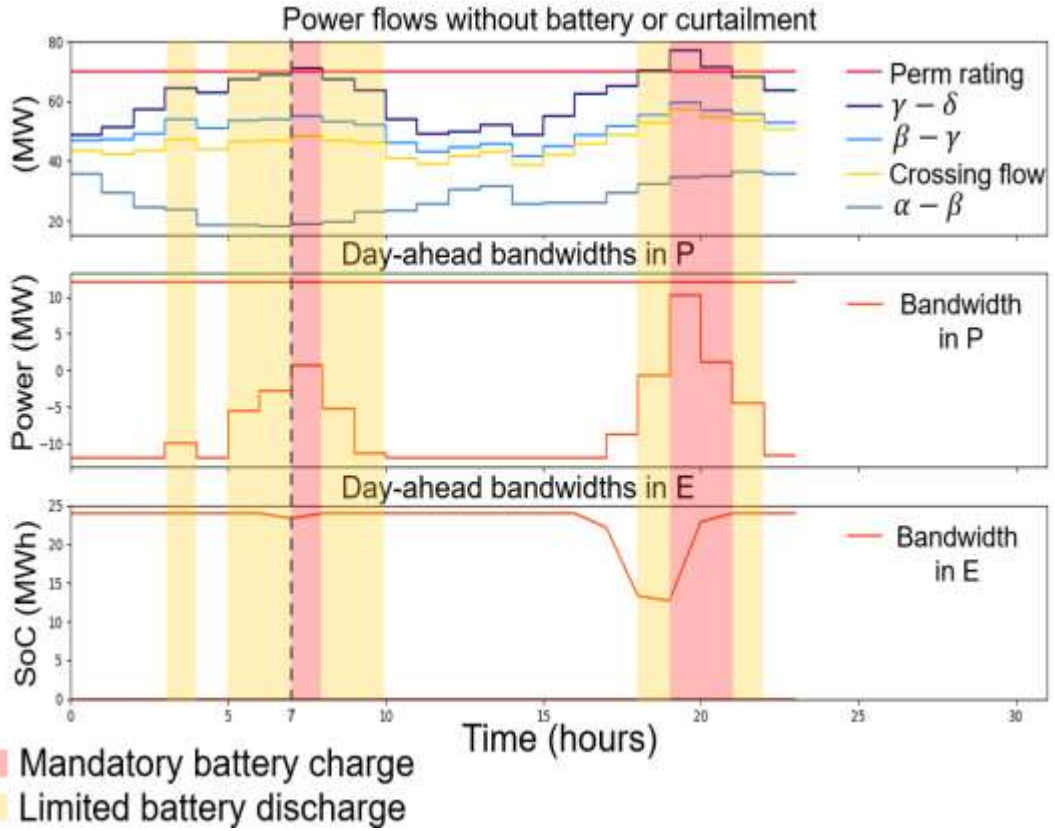
Bandwidths in energy (backward calculations)

$$\bar{E}^{23} = E^{max}, \underline{E}^{23} = E^{min}$$
$$\bar{E}^{t} = min\left(E^{max}, max\left(\bar{E}^{t+1} - \Delta t \cdot \underline{P}^{t}, 0\right)\right)$$
$$\underline{E}^{t} = min\left(0, max\left(\underline{E}^{t+1} - \Delta t \cdot \bar{P}^{t}, E^{max}\right)\right)$$

Tunnels : Contrainte N à Belac (1/2)



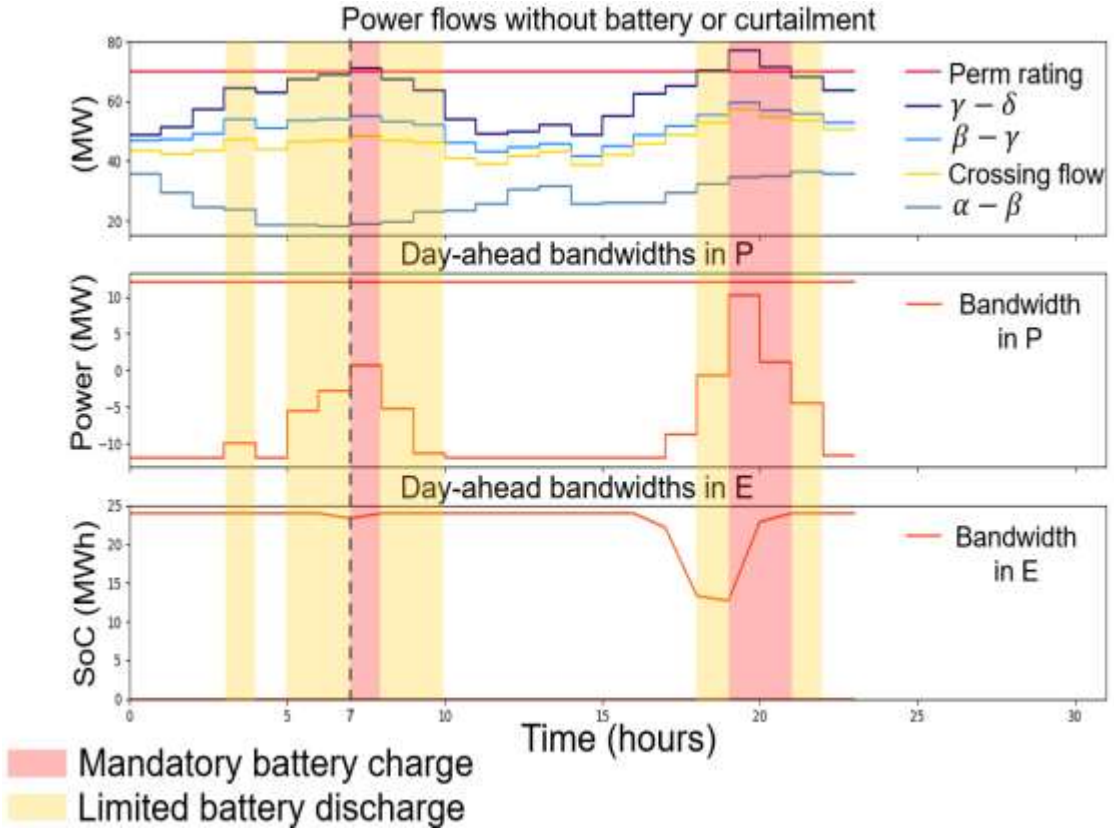




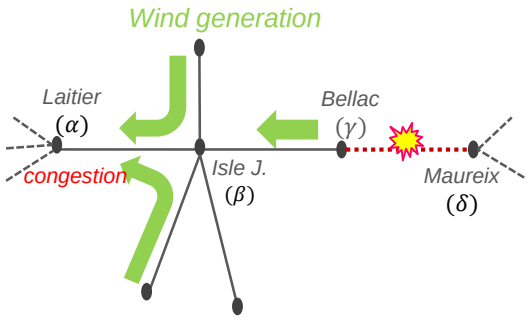
Tunnel : Contrainte N à Bellac (2/2)

N situation – Bellac-Maureix line – Time step 5
Flow = 69.50 MW < Permanent limit = 70 MW
Only very little discharge of the battery is possible
PTDF battery -> Bellac-Maureix line = 0.6MW/MW
Power bandwidth = [-0.83MW,+12MW]

N situation – Bellac-Maureix line – Time step 7
Flow = 72 MW > Permanent limit = 70 MW
1.2MW charge of the battery
Power bandwidth = [+1.2MW,+12MW] -> Mandatory charge 1.2MW
Energy bandwidth at the beginning of the time step = [0MW,22.8]



Tunnel: Contrainte N-1 à Bellac



N-1 situation – Laitier-Isle J. line – Time step 3

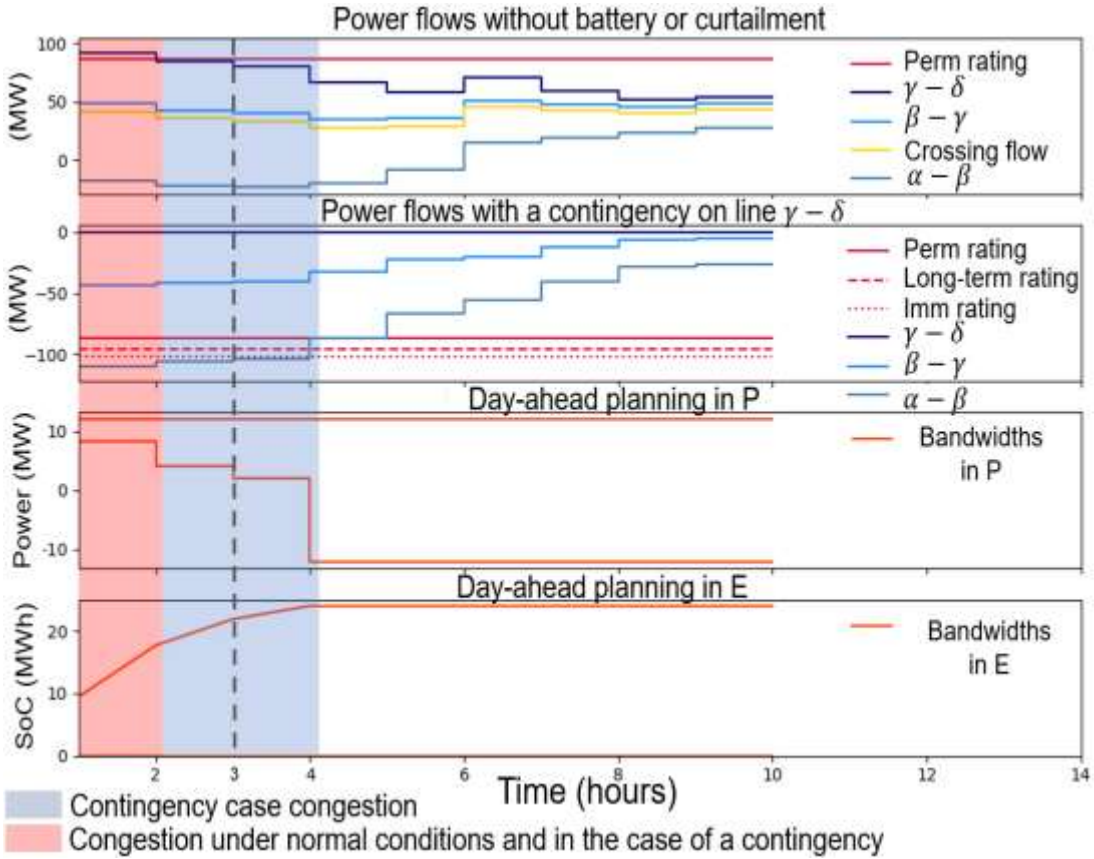
Flow in N (Bellac-Maureix) = 84 MW < Permanent limit = 87 MW ok

Flow in N-1 = -102 < -Immediate rating = -101 MW x

PTDF N-1 battery -> Laitier-Isle J. line = 1MW/MW

Power bandwidth = [+1MW,+12MW]

Energy bandwidth = [+23MW,+24MW]



Synthèse sur les tunnels

Les tunnels de capacité sont les domaines prévisionnels, en énergie et en puissance, dans lesquels les batteries :

- Ne créent pas de congestions
- Permettent à l'automate de zone de gérer les congestions

Ils sont calculés 24/48h puis 2h à l'avance, prennent en compte la dimension temporelle et intègrent le pré-positionnement des batteries.

Ils permettent une utilisation en multi-service pour une batterie :

- La gestion des congestions dans sa zone
- La participation à l'équilibrage des autres zones

Les tunnels restent une solution pour des batteries en **multi-usage** (gestion des congestion, SSy, arbitrage sur les marchés, …) qui ne seraient pas sous contrainte d'équilibrage lié à l'EOD.



3

Critères de choix pour la sélection des sites – Simulations du fonctionnement des batteries

Choix des 3 sites RINGO

- **Point de départ: 76 sites présentant des congestions résiduelles dans le cadre des S3REnR**
- **Comparaison technique à dire d'expert des différents sites et sélection d'une première liste de sites (13 zones soit 30 postes candidats) devant faire l'objet d'une étude détaillée.**



- **Développement d'un outil pour simuler l'utilisation des batteries sur une durée significative de 2 ans (2020 et 2021)**
- **Au moyen de ce simulateur, identification des 5 meilleurs sites et dans ces zones des meilleurs postes de raccordement des batteries**
- **Les simulations ont fourni des éléments d'analyse pour le dimensionnement des batteries (MW, MWh, nombre de cycles moyen/maximal par an, profondeur des charges/décharges)**

Principes de comparaison des sites par simulations

Utiliser deux années d'archives de points figés 2014-2015 (point figé = photographie de l'ensemble du réseau RTE, équipements, flux et télémesures, toutes les 5 minutes) -> une situation par heure est retenue -> 8760*2 situations

Modifier les zones candidates dans ces points figés :

- Démantèlement, modifications, constructions d'ouvrages d'ici 2020
- Productions 2020

-> Les zones sont projetées de 2014-2015 à 2020-2021

Les production ENR sont extrapolées à partir de 2014-2015

Simulations d'utilisation optimale des batteries au pas de temps horaire, en déterministe

Principes des simulations

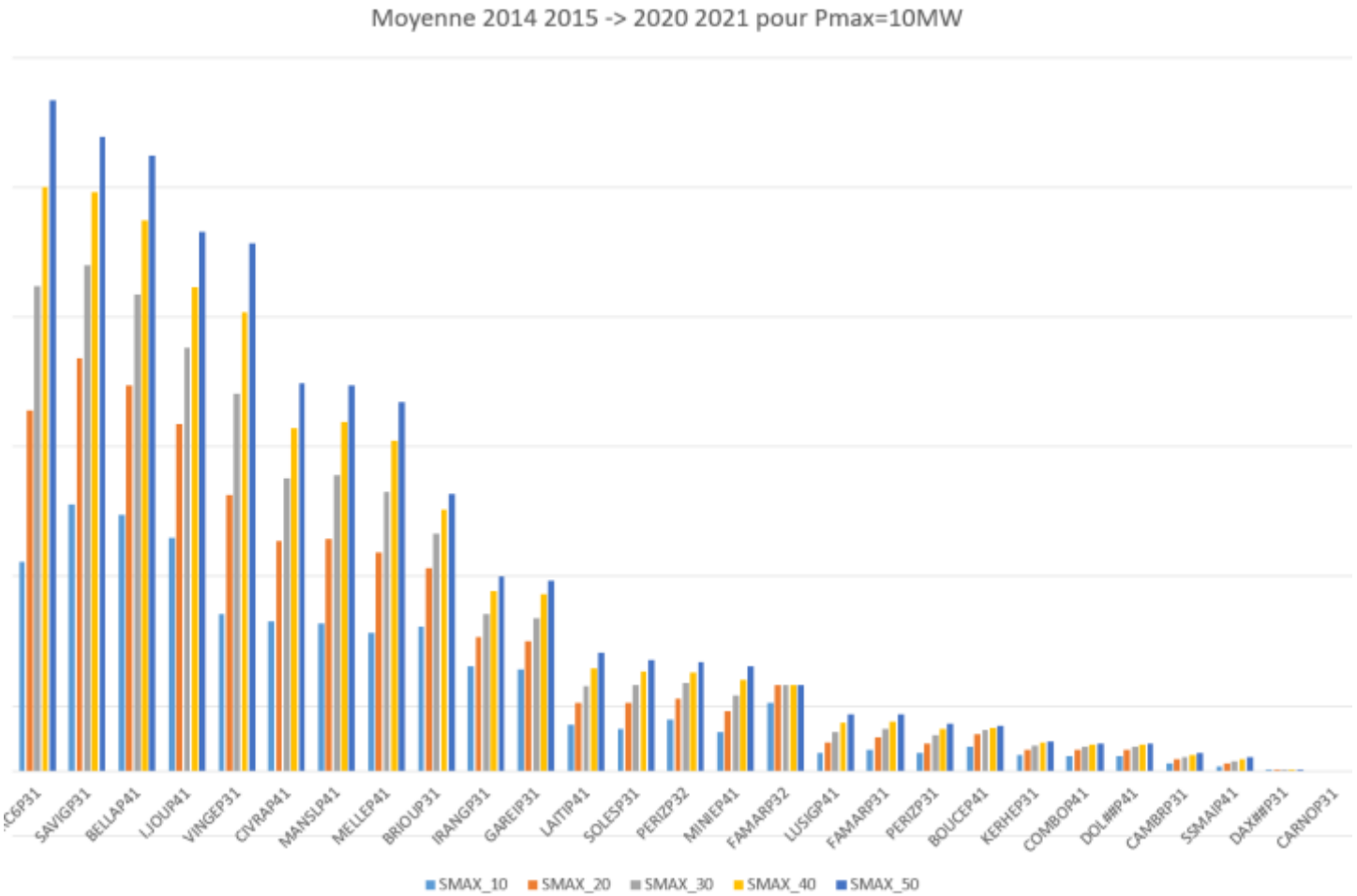
Modèle d'optimisation:

- Préventif (Batterie et ENR) et curatif (ENR)
- Prise en compte des limites permanentes et temporaires
- Valorisations standards des ENE et des END
- Coûts probabilisés pour les N-1

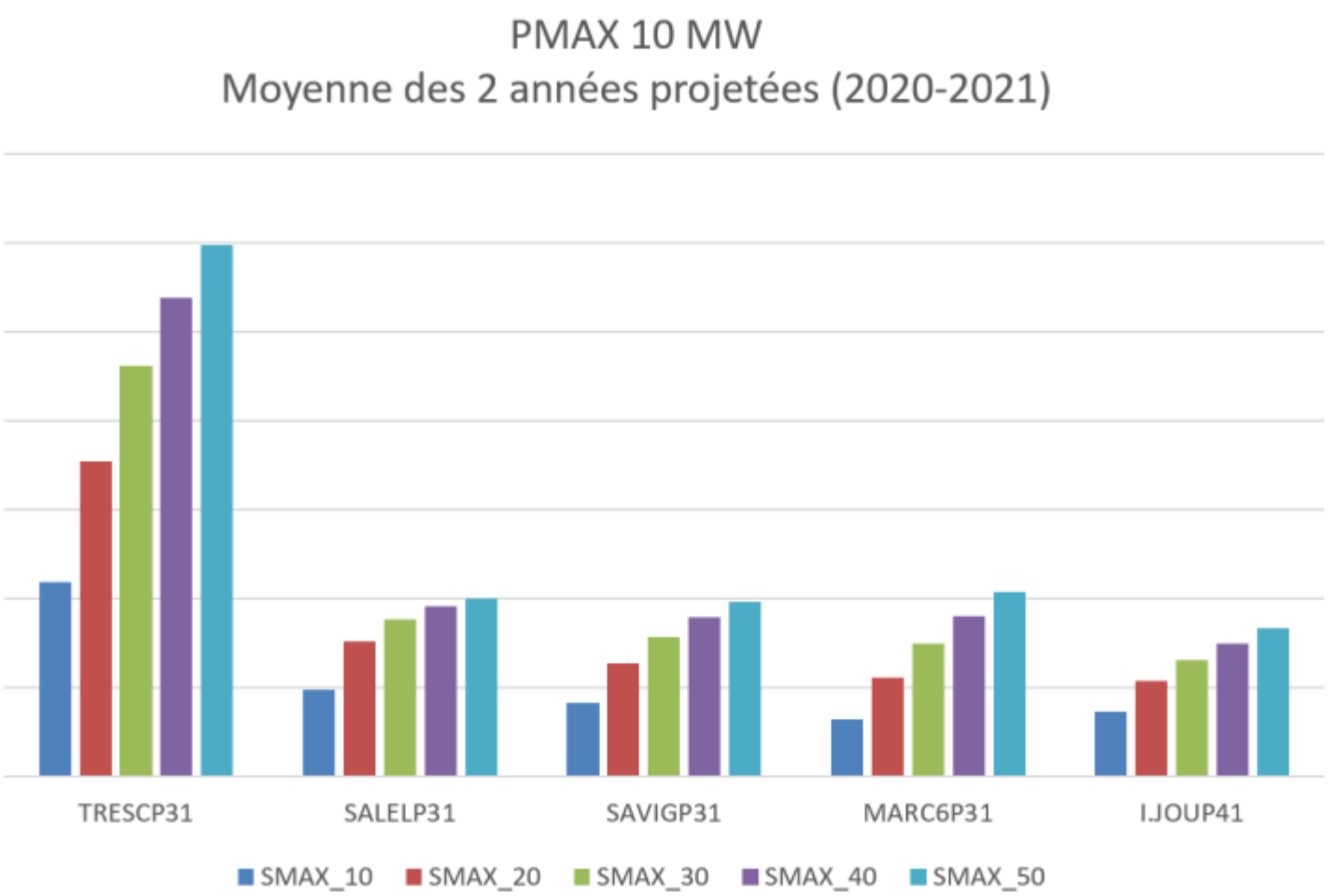
Pas suffisant pour réaliser une valorisation

Utilisé pour, à conditions équivalentes, comparer les sites

Résultats de simulations



Résultats de simulations



Choix des 3 sites RINGO

À l'issue des simulations, analyse multicritères pour départager les postes restants

- **Savignac 63kV**
- **Les Sallèles 63kV**
- **Vingeanne ou Marcilly 63kV**
- **Isle-Jourdain ou Bellac 90kV**
- **Ventavon ou Trescleoux 63kV**

Critères:

- **Valorisation issue des simulations sur la période 2020-2021**
- **Fréquence de fonctionnement des batteries**
- **Intérêt pour le réglage de la tension**
- **Faisabilité de la mise en œuvre d'un automate de zone**
- **Terrain disponible à proximité du poste de raccordement et si possible accolé**
- **Facilité d'acquisition du terrain**
- **Possibilité d'ajouter une cellule dans le poste de raccordement**
- **Facilité de la concertation - acceptabilité**
- **Impact environnemental – proximité d'espaces protégés (PN, PNR, ZNIEFF, Natura2000, etc.)**
- **Conformité avec les documents d'urbanisme (PLU)**
- **Facilité d'obtention du permis de construire**
- **Proximité des habitations (cf. étude de danger INERIS) – réglementation ICPE**
- **Accès routier**

Sites RINGO : Vingeanne

Zone d'implantation du site RINGO



Futur Poste de VINGEANNE

Sites RINGO : Vingeanne



Sites RINGO : Ventavon





Sites RINGO : Bellac





4

Questions ?

Poursuite des échanges et prochain RDV

Nos emails pour la poursuite des échanges sont:

christian.lemaitre@rte-france.com
jean.maeght@rte-france.com

Et la présentation sera postée sur le site
https://www.concerte.fr/

Prochain rendez-vous relatif à l'axe « volet industriel » en septembre 2019