



DPCMÉER

Prévision de la demande

Projet ARPI-HQ 2022

Contexte d'affaire

PRÉVISION DE LA DEMANDE

Objectifs de la prévision et plan directeur HQTE

Satisfaire nos clients :

- Optimiser la coordination lors d'interruptions planifiées,
- Maximiser la disponibilité pour vente vers les réseaux voisins.

Assurer la fiabilité du réseau :

- Anticiper les goulots d'étranglement,
- Contrôler le transit et les pertes de transport.

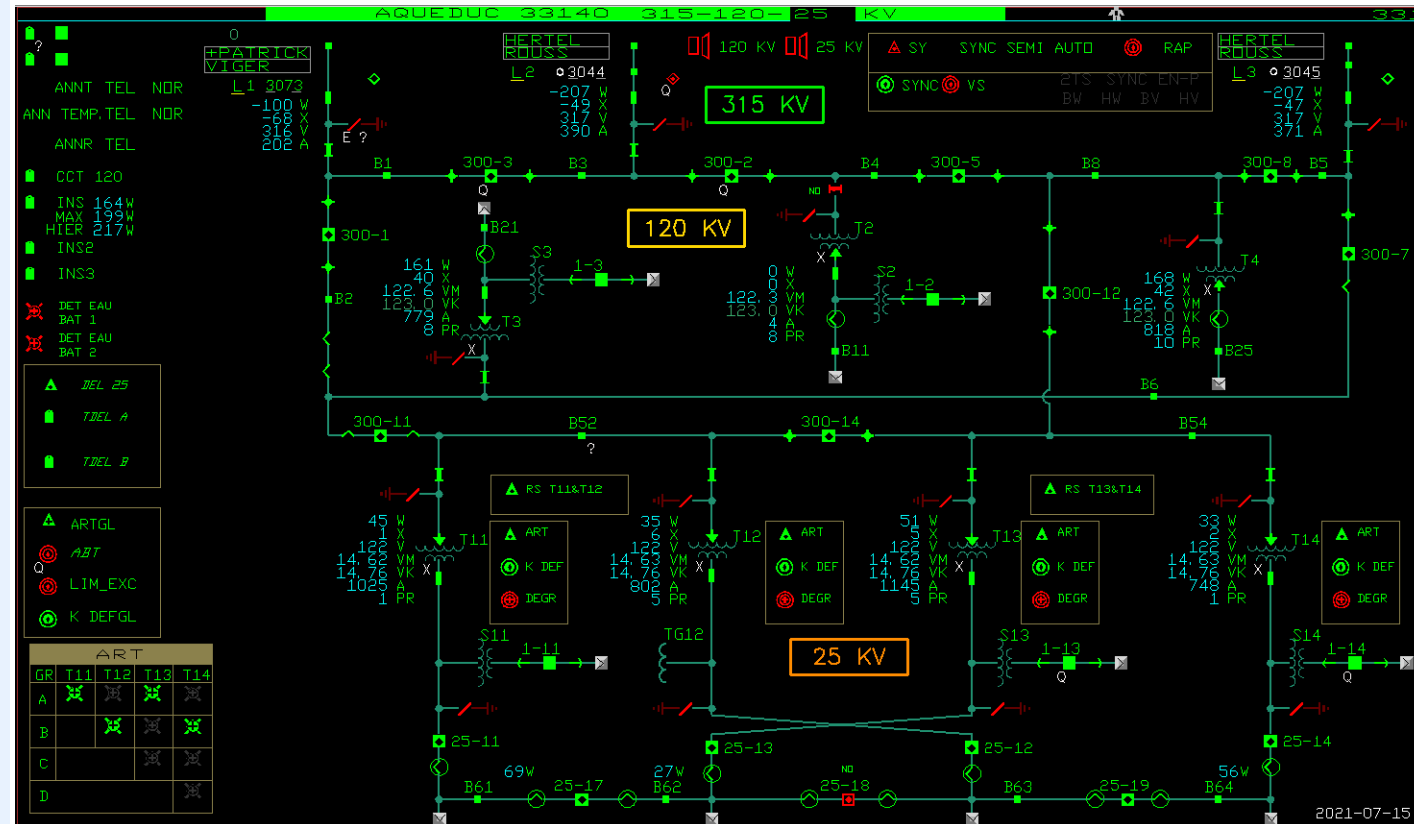
Performance productivité et veille technologique :

- Se préparer à la transition énergétique,
- Innover dans des outils efficaces et moins coûteux



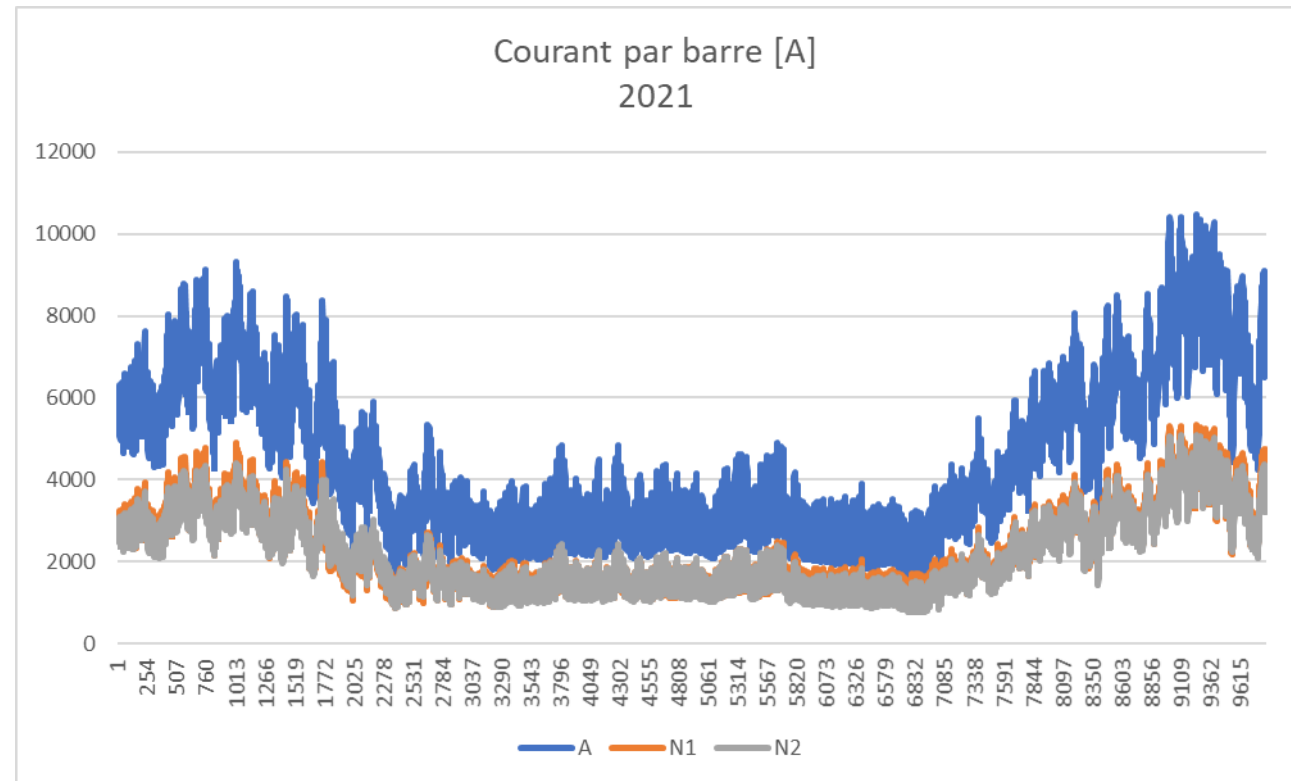
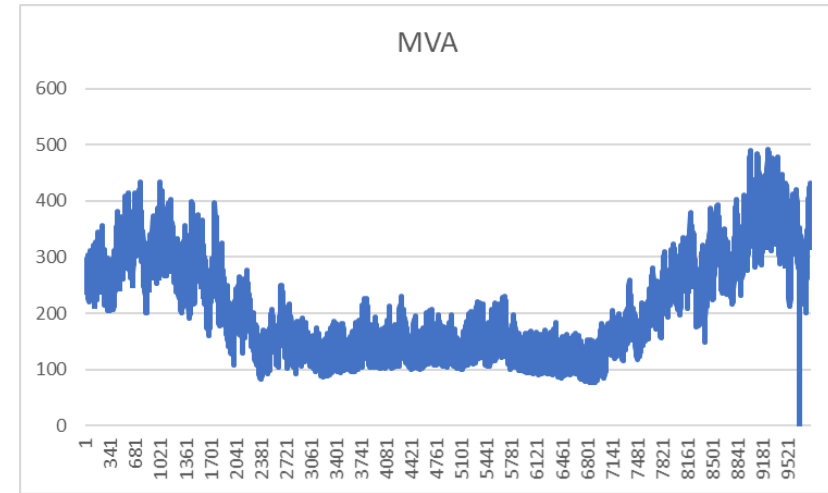
Postes satellites (suite)

- Contient plusieurs équipements :
 - Transformateurs
 - Barres
 - Disjoncteurs
 - Lignes
- Contrôlé par différentes mesures et limites :
 - Puissance Active/Réactive/Apparente [MW]/[MVar]/[MVA]
 - Courant [A]
 - Tension [kV]
- Configurations imprévisibles :
 - Pannes
 - Maintenance
 - Contingence (saisonnnière ou évolutive)



Postes satellites (suite)

Configuration	Barres	Limite [A]	Prévision [A]	Puissance [MVA]
Optimale	B41+B42+B43+B44	11637	11058	517,4
Normale	B41+B43	8266	5852	
	B42+B44	7729	5206	
Contingence	B41+B42+B43+B44	11637	11058	



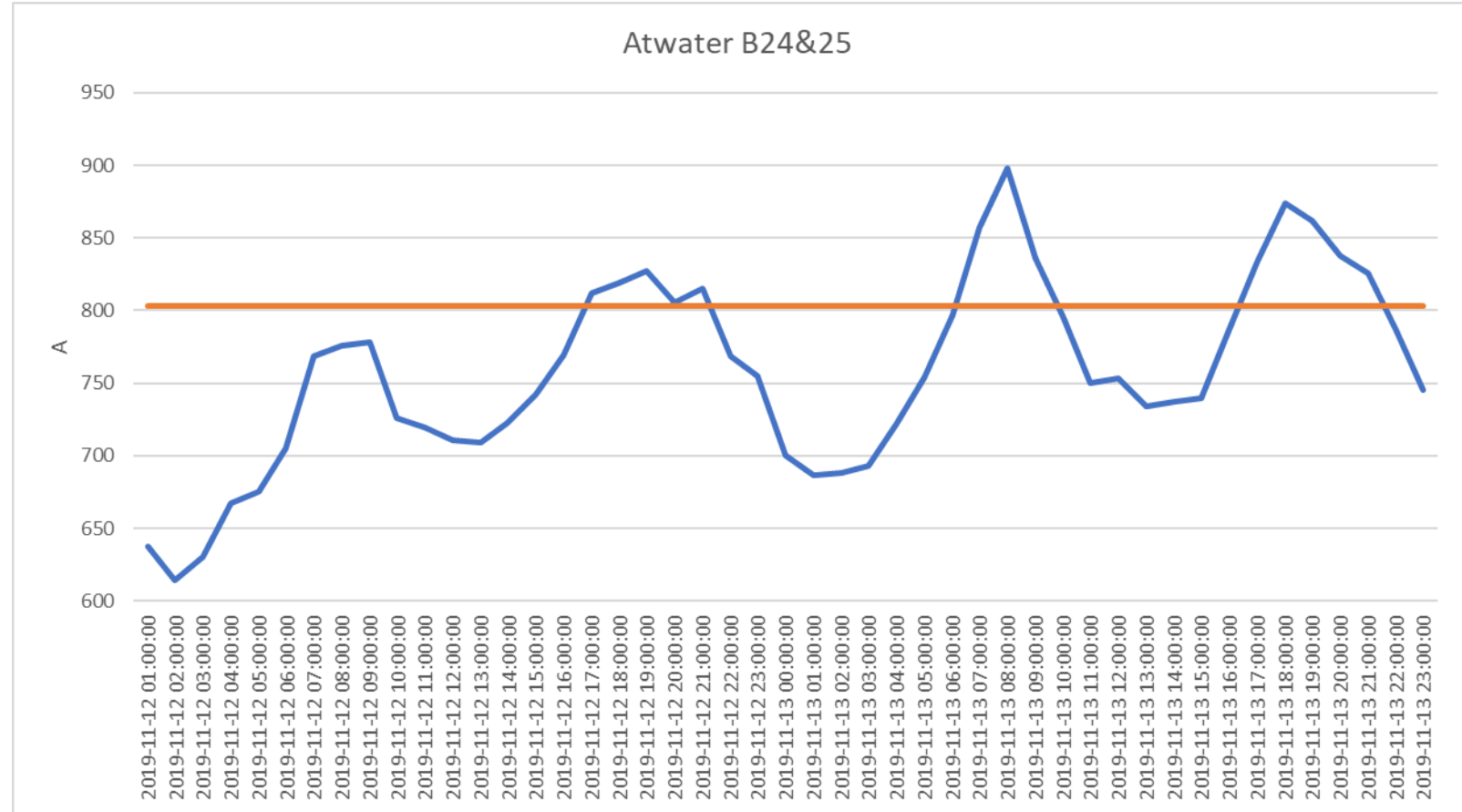
Postes satellites (fin)

Configuration optimale :

- B24+B25 : 803 A
- B26+B27 : 658 A

Dépassements :

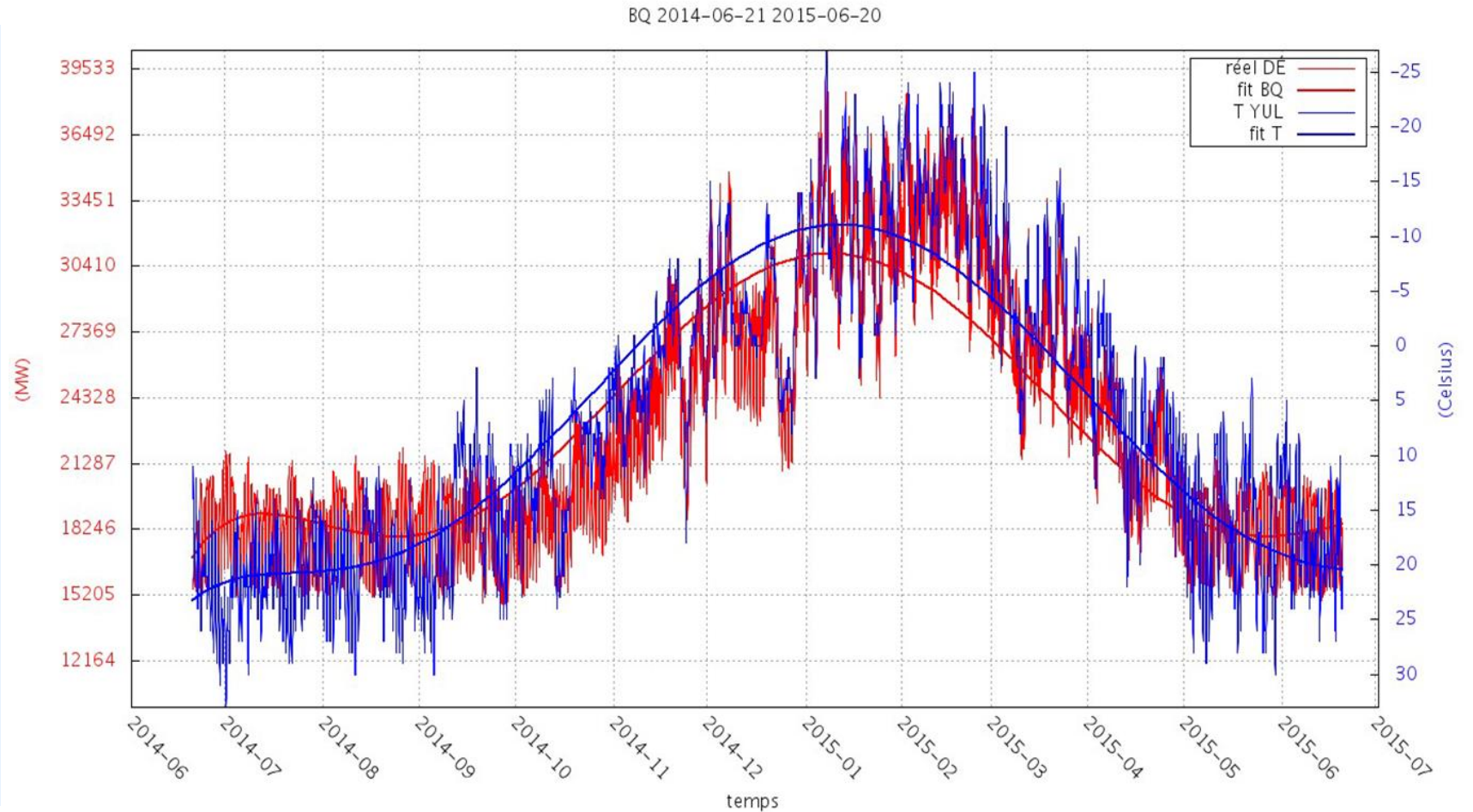
- B24&25 : 6%
 - Moyenne : 73A
 - Max : 280A
- B26&27: 4%
 - Moyenne : 42A
 - Max : 326A



Lien entre MW et Celsius

Constats :

- Forte volatilité horaire
- Forte saisonnalité
- Forte thermo-sensibilité
 - Effet du chauffage de l'air
 - Effet de la climatisation



Données utiles

Météo observée et prévue :

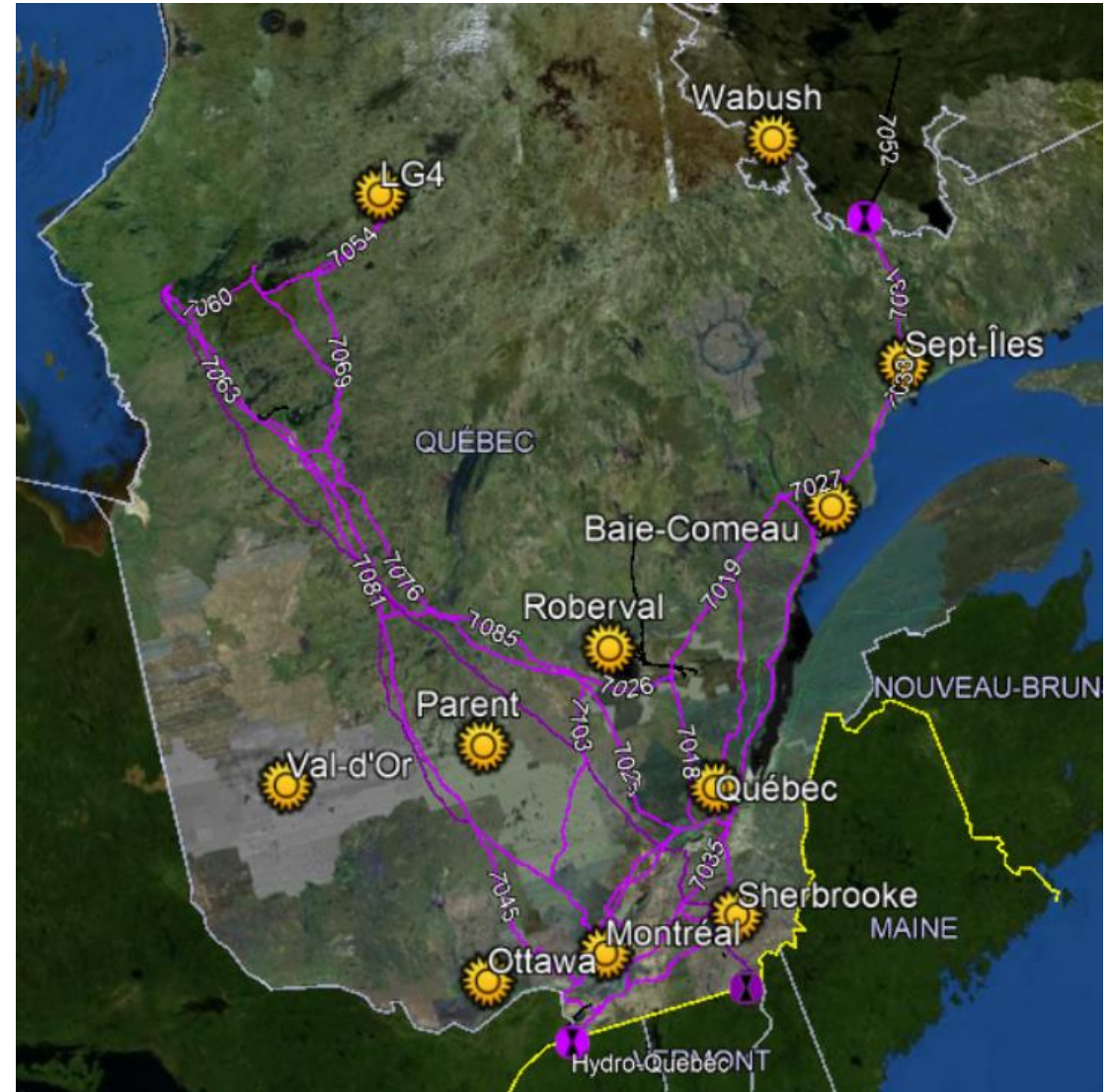
- 4 variables : Température, Vent, Nuage, Précipitations
- 10 stations réparties sur la province
- 2 fournisseurs : EC + TÉ

Mesure des Besoins Québécois :

- Production totale - Échange net
- Inclus les pertes de transport
- Variations industrielles

Profils spéciaux :

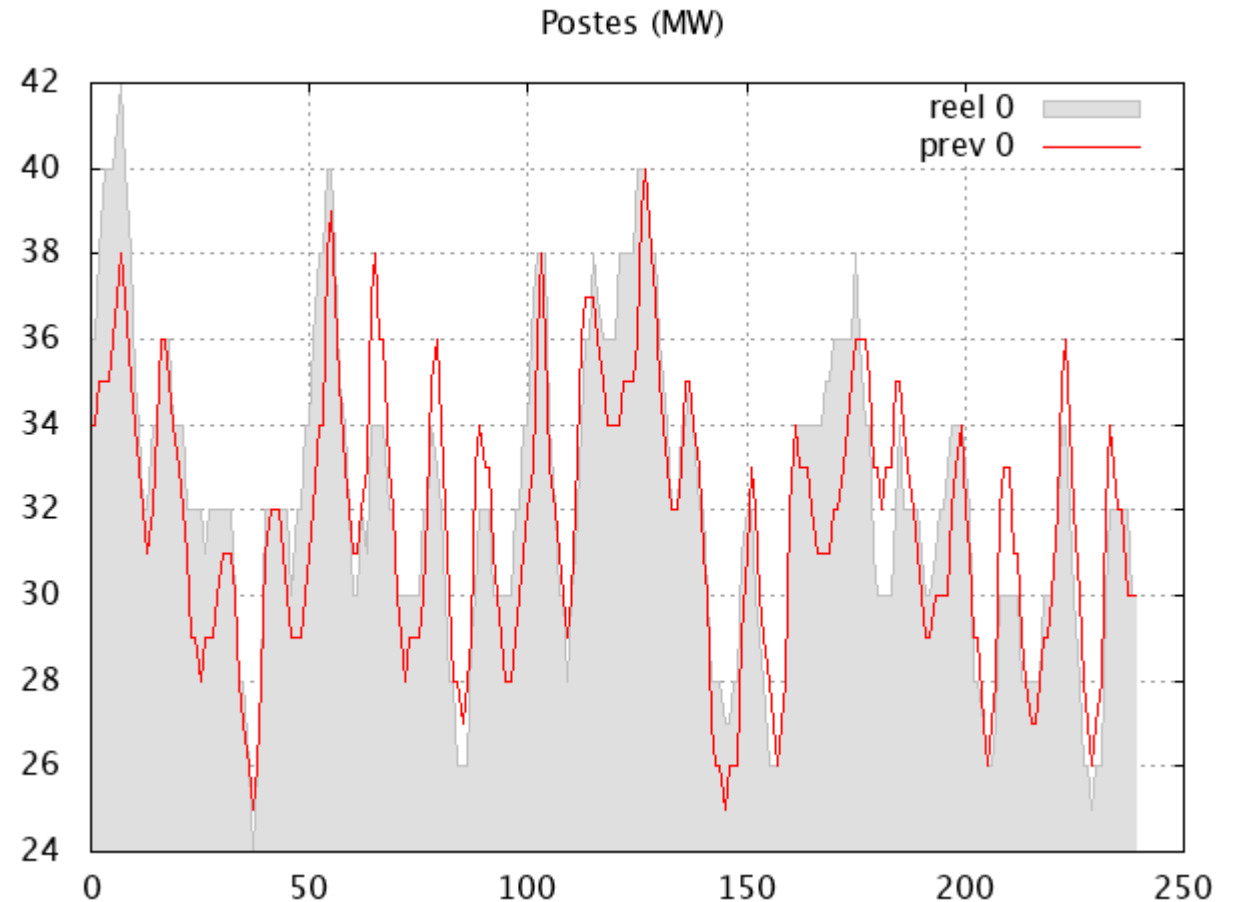
- Congés et fin de semaine
- Heures et changement d'heure



Automatisation

Entraînement et calcul volumineux:

- >300 postes
- 10 configurations et variables
- Fréquence de calcul > 3x/heure



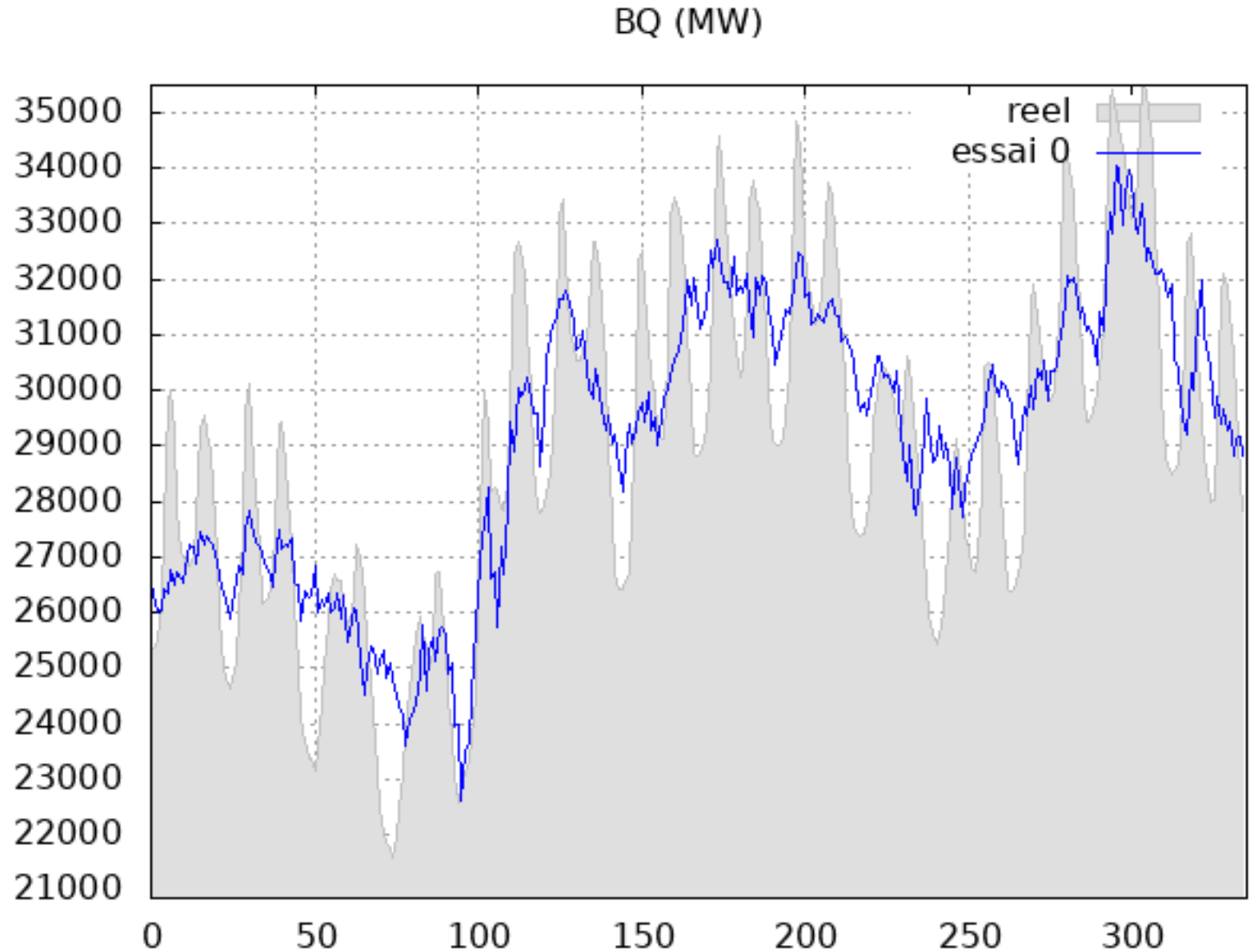
Proposition

PRÉVISION DE LA DEMANDE

Intelligence Artificielle

Réseaux neuronaux

- Python 3 + TensorFlow
- RN pour séries temporelles (Perceptrons + LSTM + ...)
- Linux RedHat
- BitBucket/git
- Intrants flat file (.csv)
- Extrants flat file (.csv)
- 4+ processeurs
- 16 Go RAM
- Tps de réponse : < 3 min
- Horizon d'entraînement > 2 ans (~12 800 h)
- Horizon de calcul 12 jours



Intelligence Artificielle

Test sur le poste Aqueduc (5 couches ; 32 041 paramètres ; pas horaire)

Puissance Active [MW]: (~2min)

Erreur d'entraînement (MAPE) (%) = 2.79 soit 16 MW

Erreur de validation (MAPE) (%) = 2.9 soit 17 MW

B62 @ B64 [A]: (1min20)

Erreur d'entraînement (MAPE) (%) = 5.11 soit 143 A

Erreur de validation (MAPE) (%) = 5.4 soit 151 A

B63 & B64 [A]: (1min30)

Erreur d'entraînement (MAPE) (%) = 5.39 soit 62 A

Erreur de validation (MAPE) (%) = 6.43 soit 74 A

Participation HQ

- **Rends disponibles:**
 - Des mesures horaires pour quelques postes avec les valeurs pour des variables explicatives;
 - Optionnellement, fournit des résultats numériques obtenus avec un modèle paramétrique (entraînement + simulation)
 - Le contexte industriel,
- **Attentes:**
 - Résultats numériques d'entraînement et simulations horaire pour un poste et plusieurs variables pour évaluer la qualité de la solution
 - Code produit durant l'atelier pour l'intégrer dans les outils d'exploitation
 - Idéalement la solution permettrait de générer des modèles pour les différents postes (~300) à l'intérieur de quelques heures, sur des serveurs avec des dizaines de CPU.

Exemple de fichier de données

annee	mois	jour	jsem	periode	heure	BQ	Baiss	Tyul	Nyul	Vyul	Precyul	Tyqb	Nyqb	Vyqb	Precyqb	Tyow	Nyow	Vyow	Precyow	Tysc	Nysc	Vysc	Precysc	Tybc	Nybc	Vybc	Precybc
2020	2	9	7	-2	1	361,88	32007	-19,1	0	2	1	-19,4	0	20	1	-22,2	1	3	1	-26,8	0	4	1	-19,7	0	15	1
2020	2	9	7	-2	2	370,6	32107	-19,6	0	9	1	-19,9	10	22	4	-21,9	0	5	1	-27,1	0	5	1	-20,2	0	11	1
2020	2	9	7	-2	3	370,22	32710	-19,2	0	3	1	-20,1	9	20	4	-22,8	1	5	1	-27,2	1	4	1	-22,8	0	9	1
2020	2	9	7	-2	4	380,71	32975	-22	1	3	1	-20,8	9	21	4	-22,7	0	1	1	-29,3	0	4	1	-22,6	0	8	1
2020	2	9	7	-2	5	391,51	33797	-22,5	1	3	1	-21,4	7	22	1	-23,7	0	5	1	-29,1	0	9	1	-23,8	0	9	1
2020	2	9	7	-2	6	410,82	34592	-22,5	1	4	1	-22,4	6	7	1	-24,6	1	13	1	-29,6	0	4	1	-23,2	0	8	1
2020	2	9	7	-2	7	425,16	35519	-23,7	1	7	1	-23,9	3	8	1	-26,1	4	12	1	-30,8	0	5	1	-23,4	0	8	1
2020	2	9	7	-2	8	423,46	35483	-20,8	1	6	1	-24,3	3	2	4	-23,9	8	9	1	-29,1	1	4	1	-20,3	0	13	1
2020	2	9	7	-2	9	395,53	34371	-18,5	2	10	1	-21,5	1	9	1	-22,2	1	15	1	-24,2	1	4	1	-17,5	0	11	1
2020	2	9	7	-2	10	373,5	33365	-15	2	9	1	-18,9	3	9	1	-19,8	1	8	1	-20,1	1	0	1	-14,8	0	11	1
2020	2	9	7	-2	11	352,78	31980	-13,8	1	8	1	-17,2	4	7	1	-17,2	6	10	1	-15,6	1	0	1	-12,9	0	26	2
2020	2	9	7	-2	12	328,5	31105	-12,7	1	6	1	-15,5	4	14	1	-14,8	1	7	1	-11,9	1	5	1	-11,9	10	37	1
2020	2	9	7	-2	13	298,79	30042	-11,8	2	5	1	-13,6	2	11	1	-12,8	8	11	1	-8,5	1	13	1	-10,6	10	35	2
2020	2	9	7	-2	14	297,75	29164	-10	2	5	1	-12,9	1	13	1	-11,2	8	8	1	-8,4	1	17	1	-10,5	10	37	2
2020	2	9	7	-2	15	302,73	29312	-9,4	4	11	1	-12,8	2	9	1	-10,6	8	12	1	-7,4	1	11	1	-10,2	10	37	2
2020	2	9	7	-2	16	338,9	30713	-9	10	9	1	-13	3	10	1	-10,7	9	11	1	-7	1	9	1	-9,3	10	37	2
2020	2	9	7	-2	17	373,12	32882	-8,7	10	10	1	-16,7	3	4	1	-10,5	10	9	1	-7,7	10	0	1	-9,1	8	37	2
2020	2	9	7	-2	18	392,75	33834	-8	10	7	1	-18,7	6	4	1	-9,8	10	11	1	-9,2	8	8	1	-8,8	10	45	2

Extension : Approche « top-down »

Répartition linéaire

$$f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$$

$$X \rightarrow y = f(X)$$

$$f_1: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

$$y \rightarrow f_1(y)$$

...

$$f_i: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

...

$$f_m: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

$$n = 40, m = 45$$

Modèle global

$$g: \mathbb{R}^{m \times n} \rightarrow \mathbb{R}^{10 \times m + 1}$$

$$X \rightarrow Y = g(X)$$

$$n = 40, m = 300$$

Références

<https://machinelearningmastery.com/deep-learning-models-for-multi-output-regression/>

<https://stats.stackexchange.com/questions/18151/methods-to-predict-multiple-dependent-variables>



Merci !