



*Gestionnaire  
du Réseau de Transport d'Electricité*

# **La prévision de consommation d'électricité à RTE**

## PLAN DE LA PRESENTATION

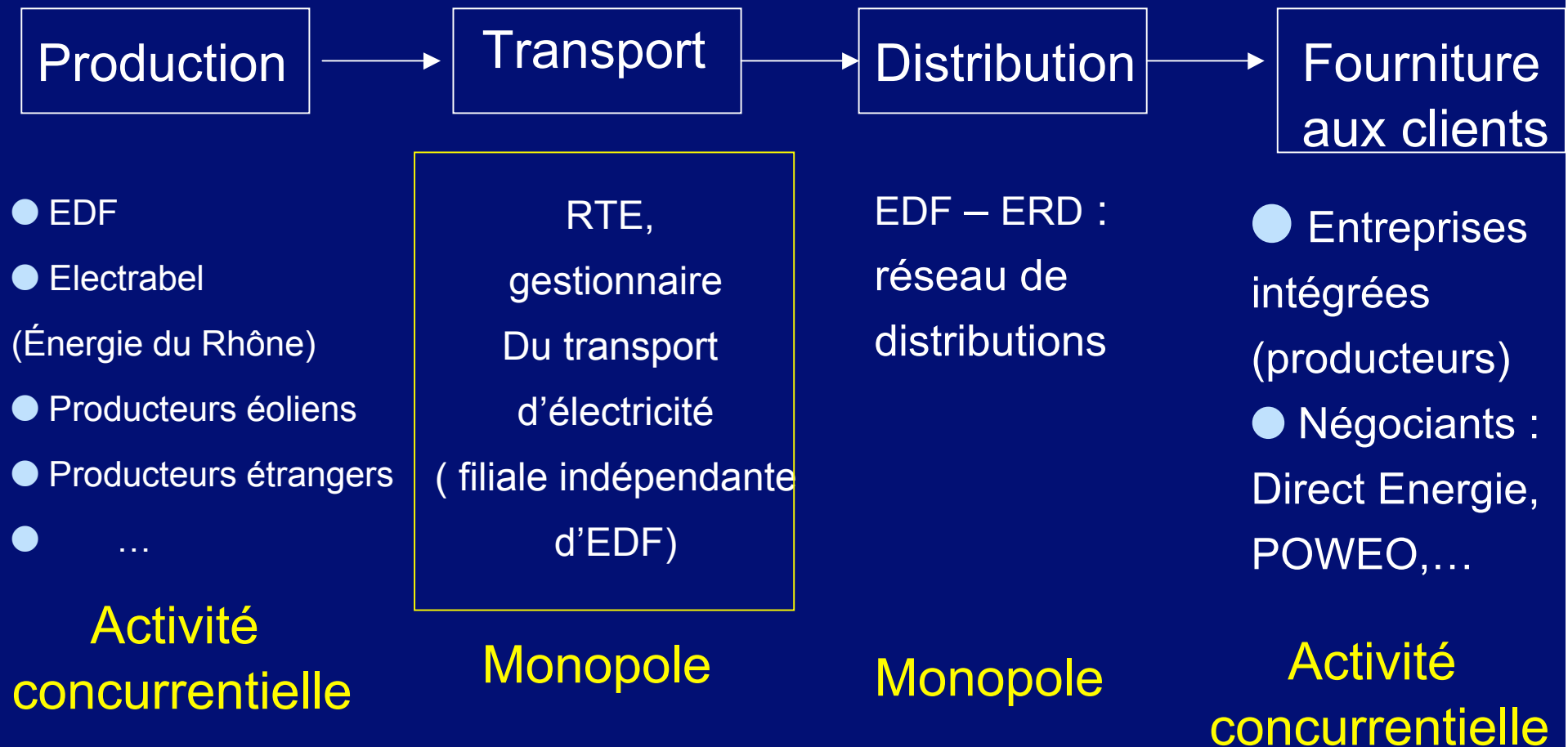
- **RTE, le gestionnaire du réseau d'électricité**
- Présentation d'une méthodologie de prévision d'électricité
- Le métier d'ingénieur statisticien
- Questions, discussions

## L'ouverture du marché de l'électricité

- **Ouverture progressive du marché de l'électricité :**
  - ✓ 2004 : ouverture à l'ensemble des consommateurs professionnels
  - ✓ Juillet 2007 : ouverture totale
- **Conséquence : changement du statut d'EDF, qui devient une société anonyme**
- **Dans un contexte concurrentiel, certaines parties du système électrique restent par nature des monopoles  
=> Création de RTE**

# Le système électrique français

Un Arbitre : la commission de régulation de l'énergie (CRE)



# RTE, gestionnaire du transport d'Électricité

## ● Les principales missions :

- ✓ **Gérer les infrastructures du réseau = entretien et développements du réseau**  
ex : projet de ligne 400000 Volt en région PACA
- ✓ **Gérer les flux d'électricité sur le réseau, et assurer la sécurité de fonctionnement du réseau électrique :**
  - ✎ Gérer les infrastructures de réseau
  - ✎ Limiter le nombre des incidents et d'éviter les grands incidents,
  - ✎ Limiter les conséquences d'un grand incident (« black out ») s'il survenait malgré tout
- ✓ **Contribuer au bon fonctionnement du marché de l'électricité**
  - ✎ un traitement sans discrimination de tous les utilisateurs du réseau électrique

## Enjeux de la prévision de consommation d'électricité pour RTE

- **Long Terme ( plusieurs années) :**
  - ✓ Investissements de réseaux
- **Moyen terme (Hebdomadaire) :**
  - ✓ Gestion des entretiens de lignes ou de postes
  - ✓ Achat des pertes
- **Court terme (la veille pour le lendemain) :**
  - ✓ Équilibre entre production et consommation

## PLAN DE LA PRESENTATION

- RTE, le gestionnaire du réseau d'électricité
- **Présentation d'une méthodologie de prévision d'électricité**
- Le métier d'ingénieur statisticien
- Questions, discussion

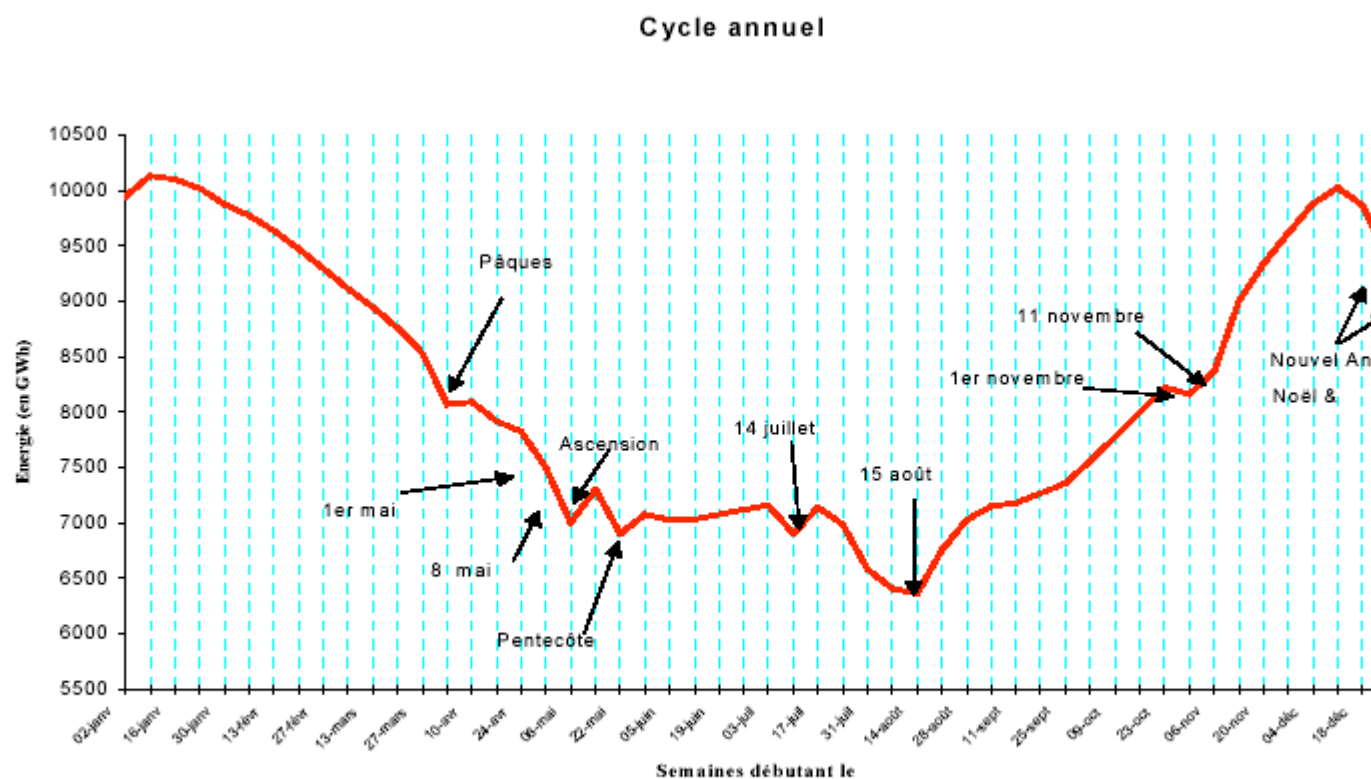
## Pourquoi un modèle statistique ?

- **La consommation électrique, à l'échelle d'une région ou d'un pays, est une variable très aléatoire, dépendant de nombreux facteurs :**
  - ✓ **Météorologie (Température, nébulosité)**
  - ✓ **L'activité économique (jours d'activité des entreprises)**
  - ✓ **Les offres commerciales**
  - ✓ **Autres facteurs, difficiles à expliquer**
- **Un modèle statistique développé à RTE, permet de prévoir la consommation électrique pour toutes les heures du lendemain**
- **Les résultats de ce modèle, fournis au Centre National d'Exploitation du Système, sont des éléments importants d'aide à la décision**



# Analyse de la courbe de consommation électrique (1) : Les saisonnalités

- Cycle annuel :

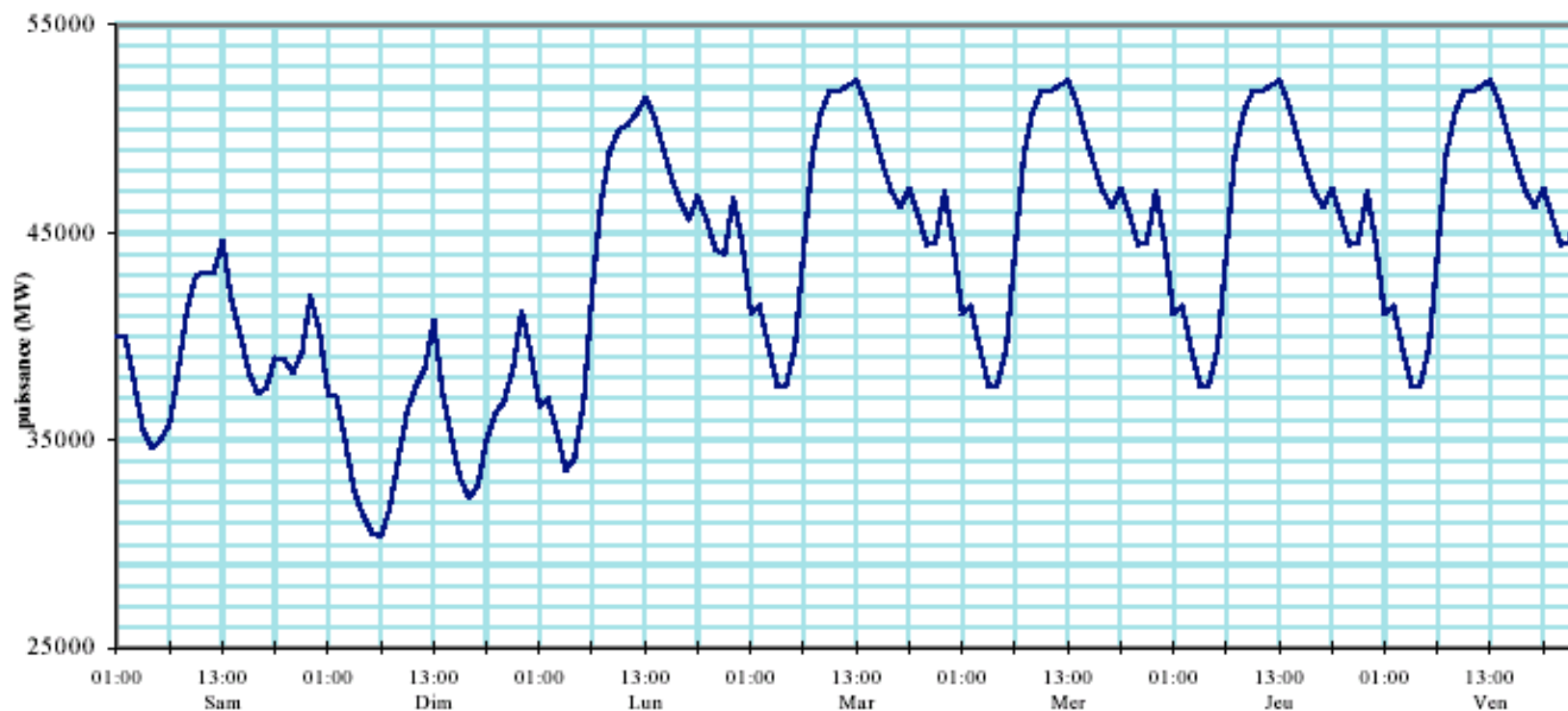


Exemple de cycles hebdomadaire et journalier en période d'été

## Analyse de la courbe de consommation électrique (2)

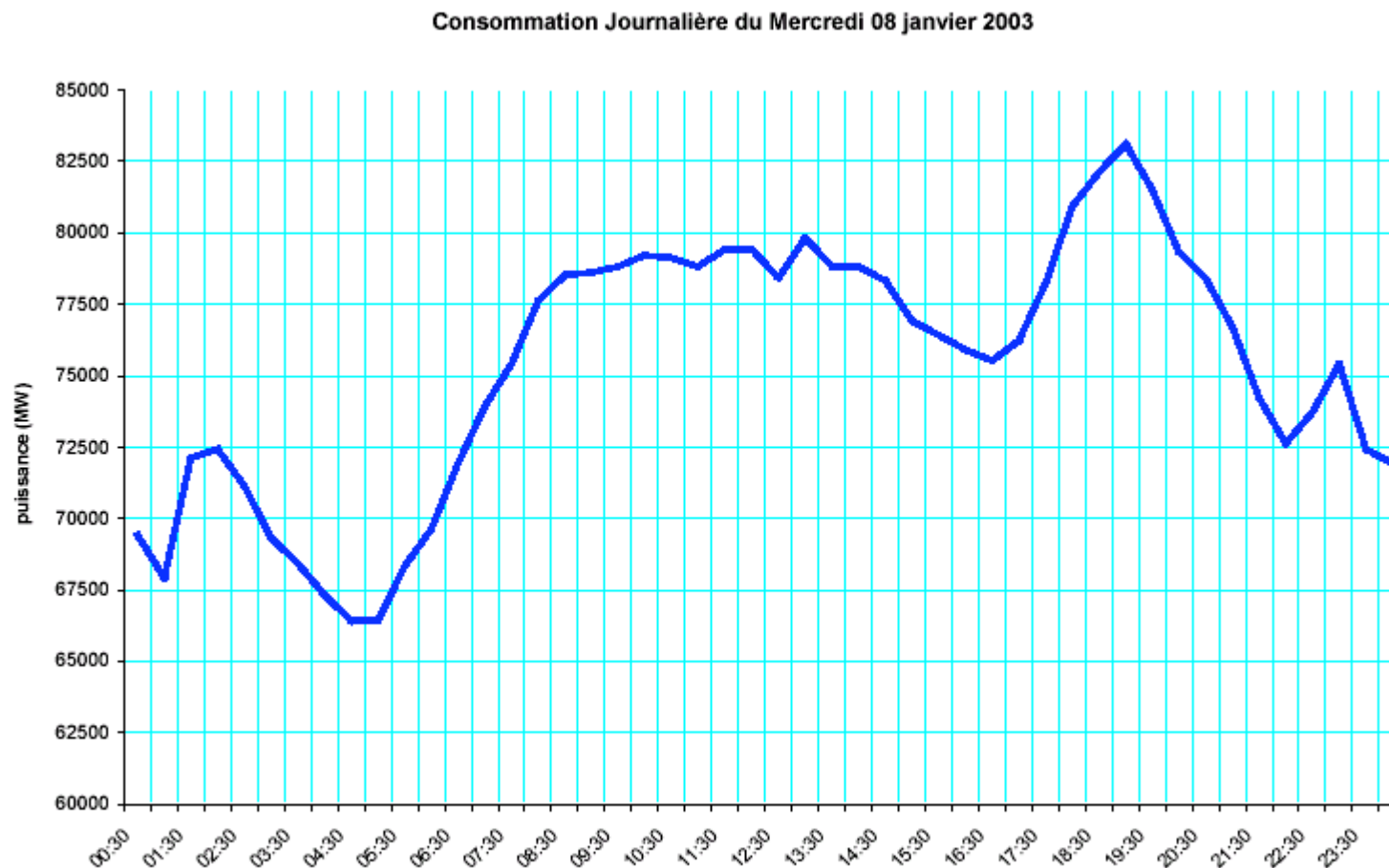
- cycle hebdomadaire

Exemple de cycles hebdomadaire et journalier en période d'été

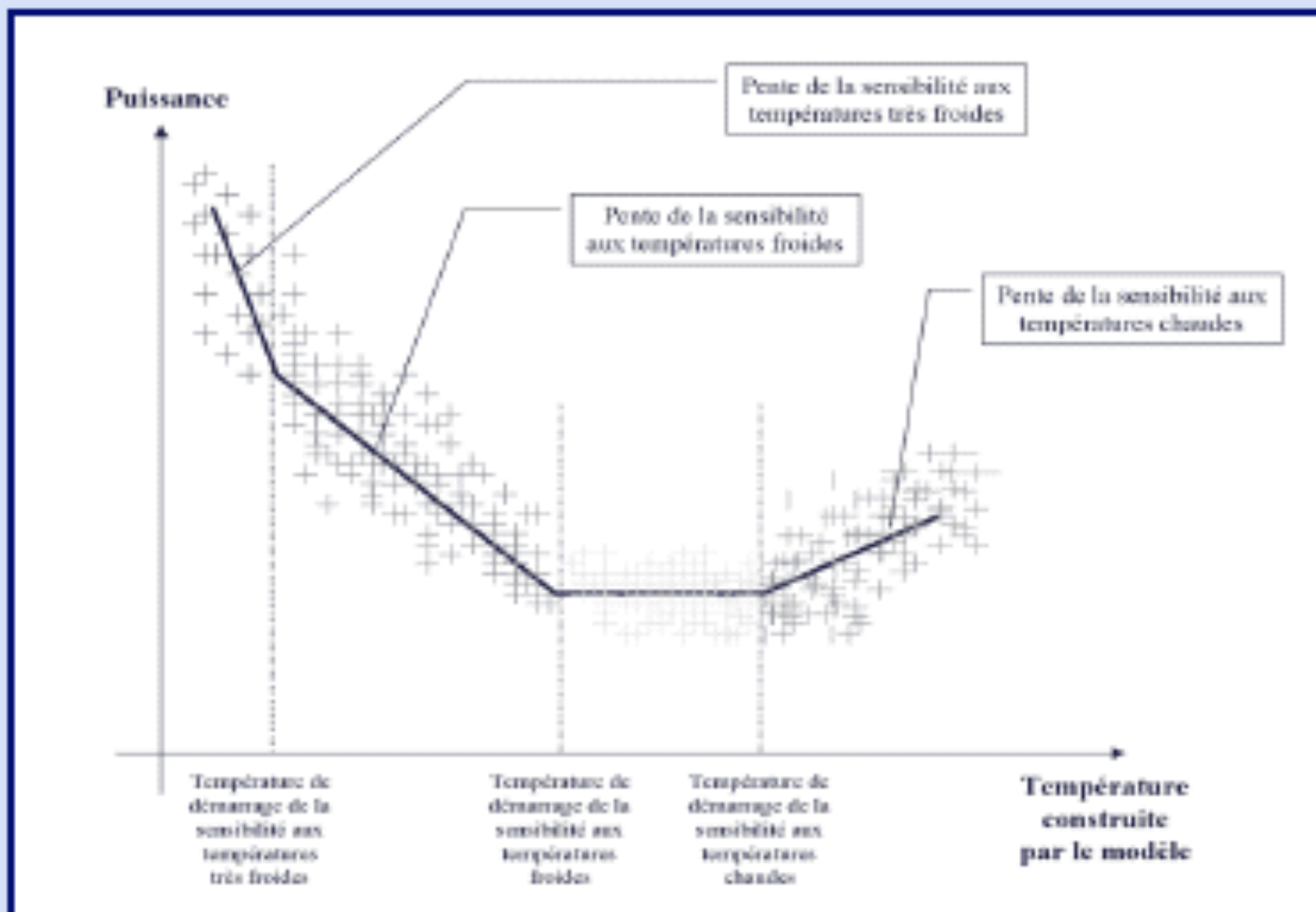


## Analyse de la consommation électrique (3)

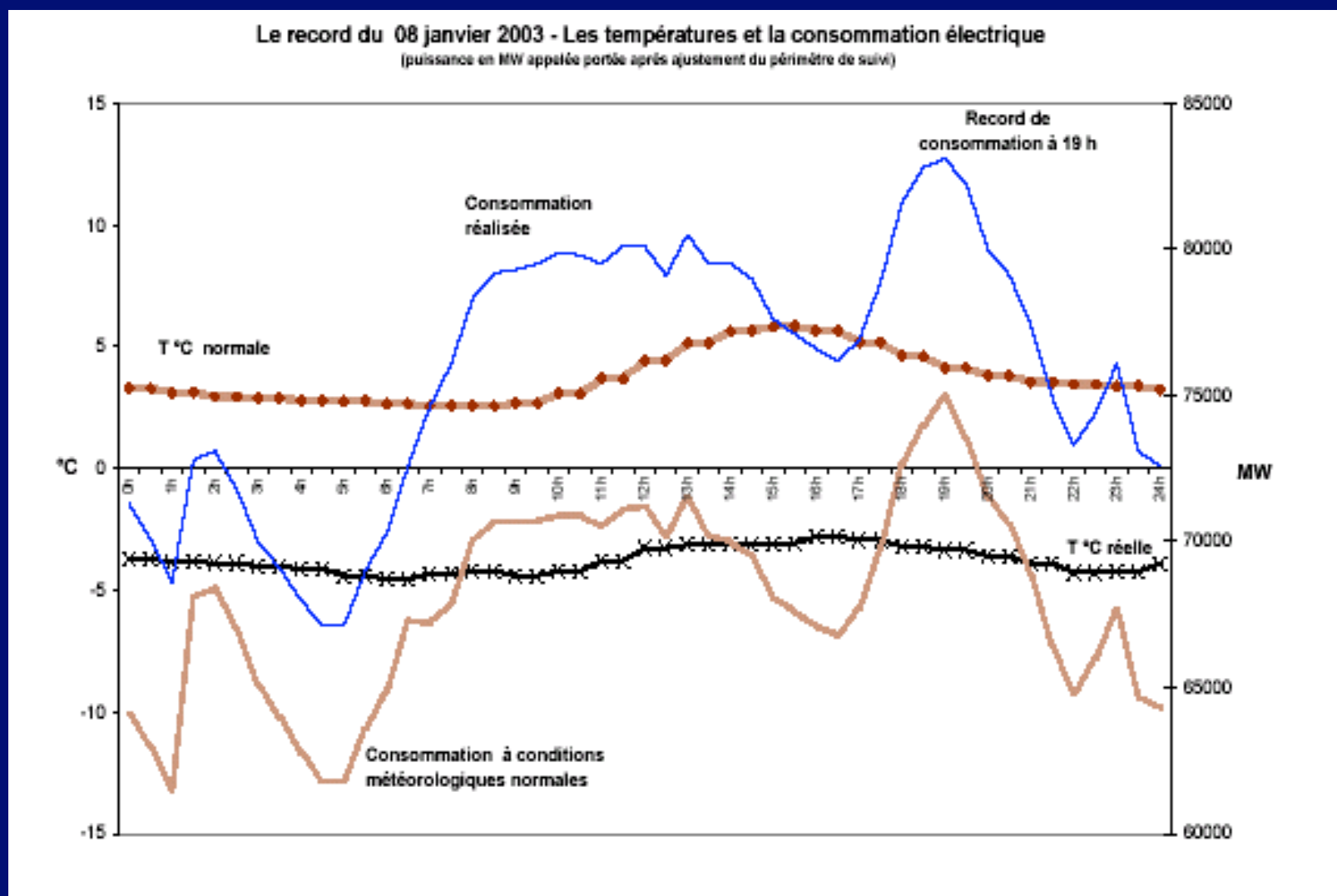
### ● Cycle journalier



## ● Sensibilité de la consommation électrique à la température (1)



## Sensibilité de la consommation électrique à la température (2)



## La modélisation retenue (très simplifiée)

$$P_{h,j,n}(T,k) = (PHC_{h,j,n}) f_h(k) + PCH_{h,j,n}(T) + \varepsilon_{h,j,n}$$

- $P_{h,j,n}(T,k)$  : Puissance  
Heure j, jour j (Lundi, Mardi), année n (2005)  
k = numéro du jour dans l'année  
T = Température
- $(PHC_{h,j,n}) f_h(k)$  : puissance indépendante de l'aléa climatique
  - $PHC_{h,j,n}$  : représente les cycles journaliers et hebdomadaires
  - $f_h(k)$ , où k est le numéro du jour dans l'année, est une série de Fourier, pour représenter le cycle annuel
- $\varepsilon_{h,j,n}$  : résidu du modèle

## Puissance dépendant de l'aléa climatique aux températures froides

- $PCH_{h,j,n}(T) = \text{gradient}_{h,j,n} * (\text{Température ressentie}(h,j,n) - \text{Température Seuil})$
- **Température ressentie** = combinaison linéaire de la température instantanée, des retards de la température, et de la nébulosité
- Météo France fournit à RTE des prévisions de températures et de nébulosité

## Le processus de prévision

- Chaque année, estimation des paramètres du modèle pour l'année suivante, par minimisation de la norme des résidus  
=>  $\text{gradient}_{h,j,n-1}$ ,  $\text{PHC}_{h,j,n-1}$ , fonction  $f_h(k)$
- Extrapolation des paramètres pour l'année suivante n  
=>  $\text{gradient}_{h,j,n}$ ,  $\text{PHC}_{h,j,n}$ , fonction  $f_h(k)$
- Le jour J : Estimation de l'équation du modèle, en utilisant comme température la prévision fournie par Météo France
- On obtient alors une puissance modélisée prévue pour le jour J+1  $\text{PMP}(J+1)$



## La fonction correctrice

- On suppose que les paramètres estimés sont valides pour l'année entière, ce qui n'est pas complètement vrai
- On corrige « au dernier moment » la puissance modélisée prévue, en fonction des erreurs des 7 derniers jours passés
- Prévision finale ( J+1 ) =  
$$\text{PMP}(J+1) + a_1 ( \text{PMP}(J) - P(j) ) + a_2 ( \text{PMP}(J-1) - P(j-1) )$$
$$+ \dots + a_7 ( \text{PMP}(J-6) - P(j-6) )$$
- Question : comment optimiser  $a_1$  ,  $a_2$  , ... ,  $a_7$  ?

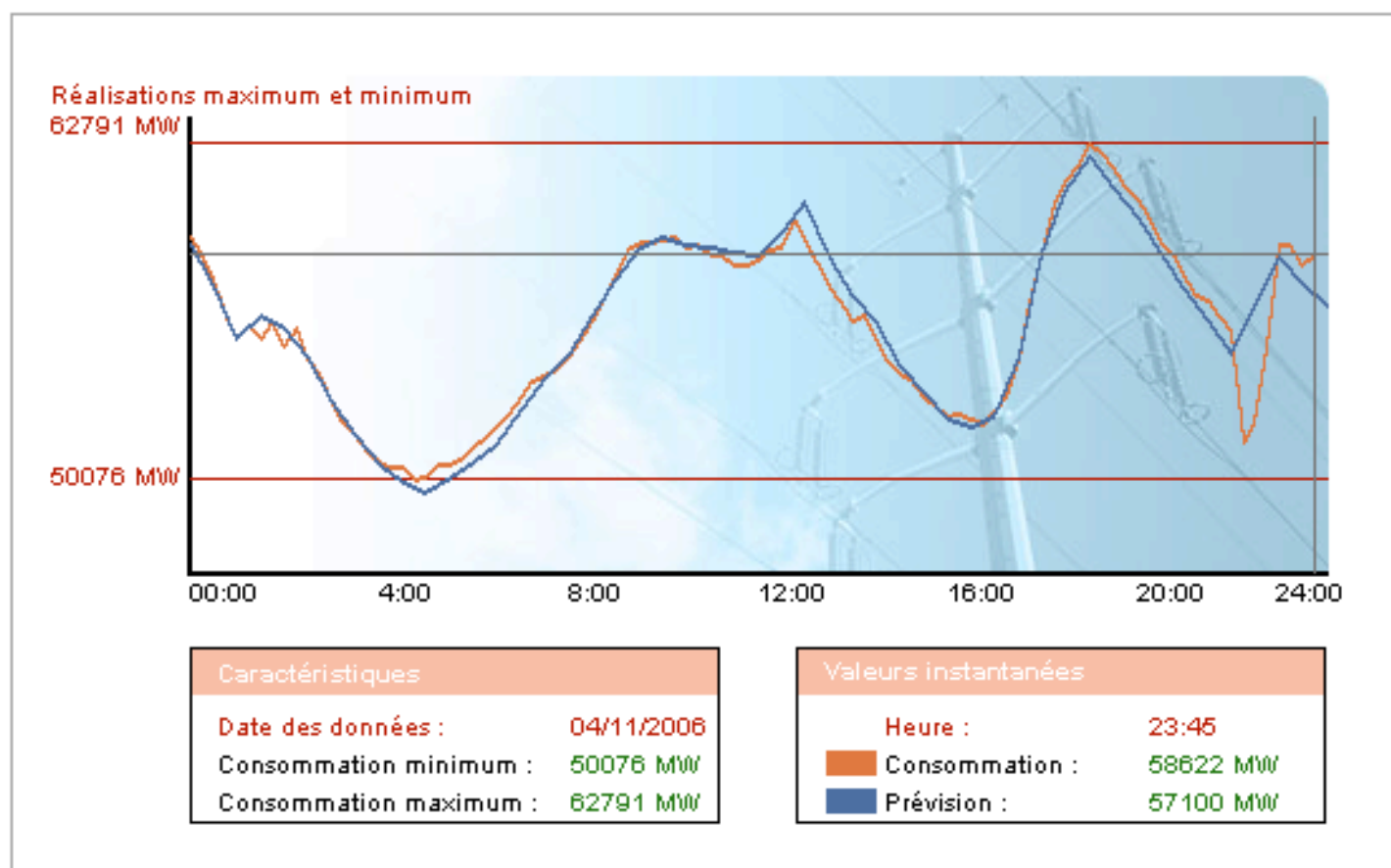
## **Proposition de stage : optimisation des coefficients de la fonction correctrice**

- **Pour l'instant, les coefficients ne sont pas vraiment optimisés**
- **La fonction correctrice est très importante, car c'est un des principaux aspects du modèle liant le futur au passé !**
- **Déroulement de l'étude :**
  - ✓ Analyse de la sensibilité du modèle par rapport à ces coefficients, et proposition d'un premier jeu de paramètres « cohérent »
  - ✓ Conception d'une fonction  $(a_1, a_2, \dots, a_6) \rightarrow \text{PMP}(J+1)$ , et optimisation numérique de cette fonction, avec pour objectif de réduire l'erreur moyenne de prévision
  - ✓ Réflexion sur d'autres systèmes de correction en temps réel de modèles de prévision

# Exemple : prévision du 4/11/2006

## Courbe de charge

Courbe de charge de la journée du : 04/11/2006



## PLAN DE LA PRESENTATION

- RTE, le gestionnaire du réseau d'électricité
- Présentation d'une méthodologie de prévision d'électricité
- **Le métier d'ingénieur statisticien**
- Questions, discussion

## Travaux autour de la prévision de consommation

- **Analyse du comportement du modèle, suivant les différents cas**
  - ✓ prouver que le modèle apporte vraiment des éléments intéressants par rapport à d'autres systèmes de prévisions
- **Estimation des paramètres**
- **Enrichissement du modèle**
  - ✓ ex : calcul d'intervalles de confiance, apport de nouvelles fonctionnalités
- **Amélioration du modèle**
  - ✓ Meilleure prise en compte de jours spéciaux, comme par exemple les jours fériés
  - ✓ Optimisation de la fonction correctrice
- **Étude d'autres techniques de prévision : estimation non paramétrique, ou semi paramétrique.**

## Démarche générale

- **Documentation sur les processus existants :**
  - ✓ Analyse des besoins opérationnels : sur quels sont les points de progrès vraiment importants pour RTE ?
  - ✓ comprendre et synthétiser la documentation existante
  - ✓ Lire des articles de recherche (veille technologique)
- **Formaliser et décrire les problèmes, afin de les résoudre le plus efficacement possible :**
  - ✓ Ex : décrire la démarche de travail concernant l'optimisation de la fonction correctrice
- **Recherche de solutions :**
  - ✓ Écrire des petits prototypes en matlab ou SAS
  - ✓ Adapter des codes existants
  - ✓ Réfléchir sur l'amélioration des processus existants

## ● Proposition de solution

- ✓ Description de la solution
- ✓ Définition précise du processus créé, pour les équipes qui programment les logiciels

## ● Analyse et Retour d'expérience

- ✓ Analyse des performances de prévision, a posteriori, sur les années précédentes
- ✓ Comment réagit le modèle suivant le type de jour, les évènements, ...

## PLAN DE LA PRESENTATION

- RTE, le gestionnaire du réseau d'électricité
- Présentation d'une méthodologie de prévision d'électricité
- Le métier d'ingénieur statisticien
- **Questions, discussion : Sur tous points !**