

# Le mécanisme d'ajustement (MA)

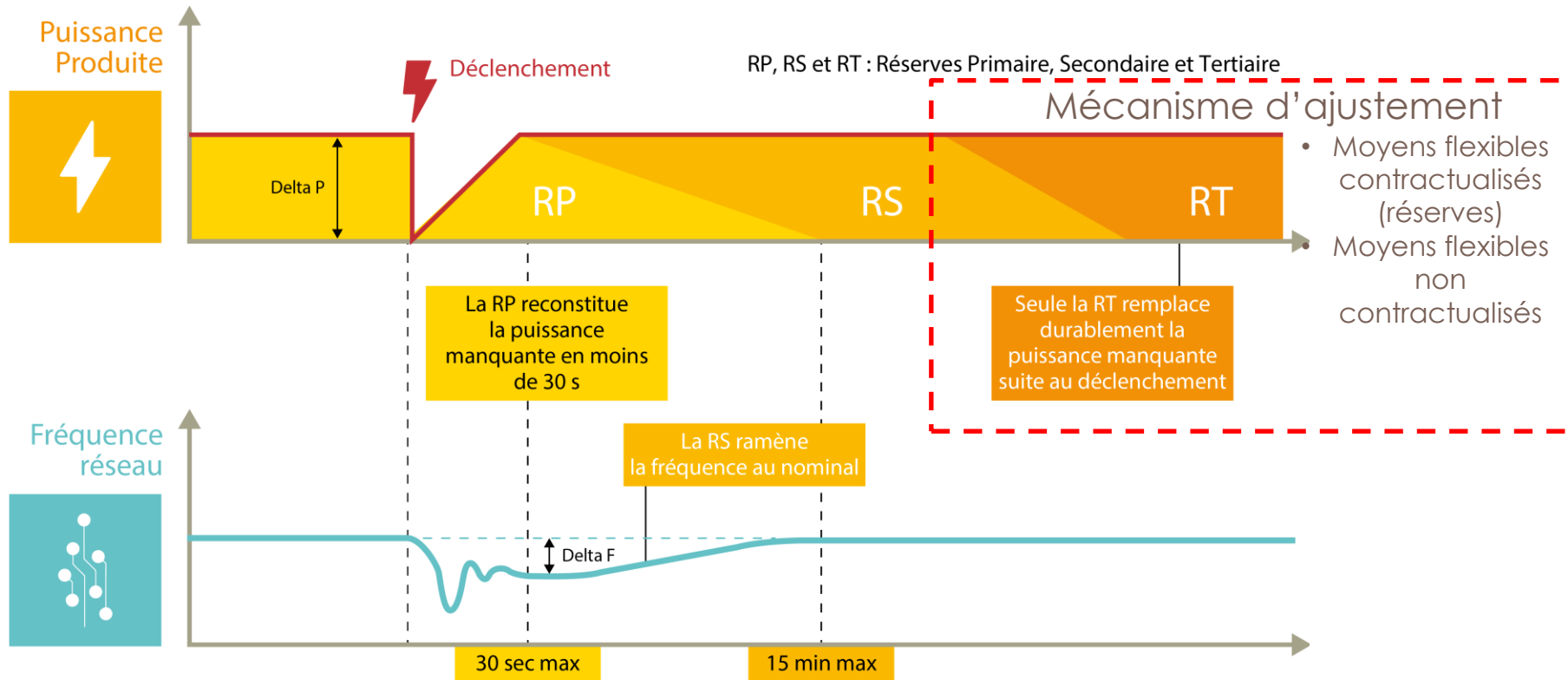
CentraleSupélec – 2023  
**Alexis Lebeau** et Marcelo Saguan

# KLAXOON (Quiz)

- <https://app.klaxoon.com/>
- Code d'accès : PPGFU5C

# Le mécanisme d'ajustement et les réserves

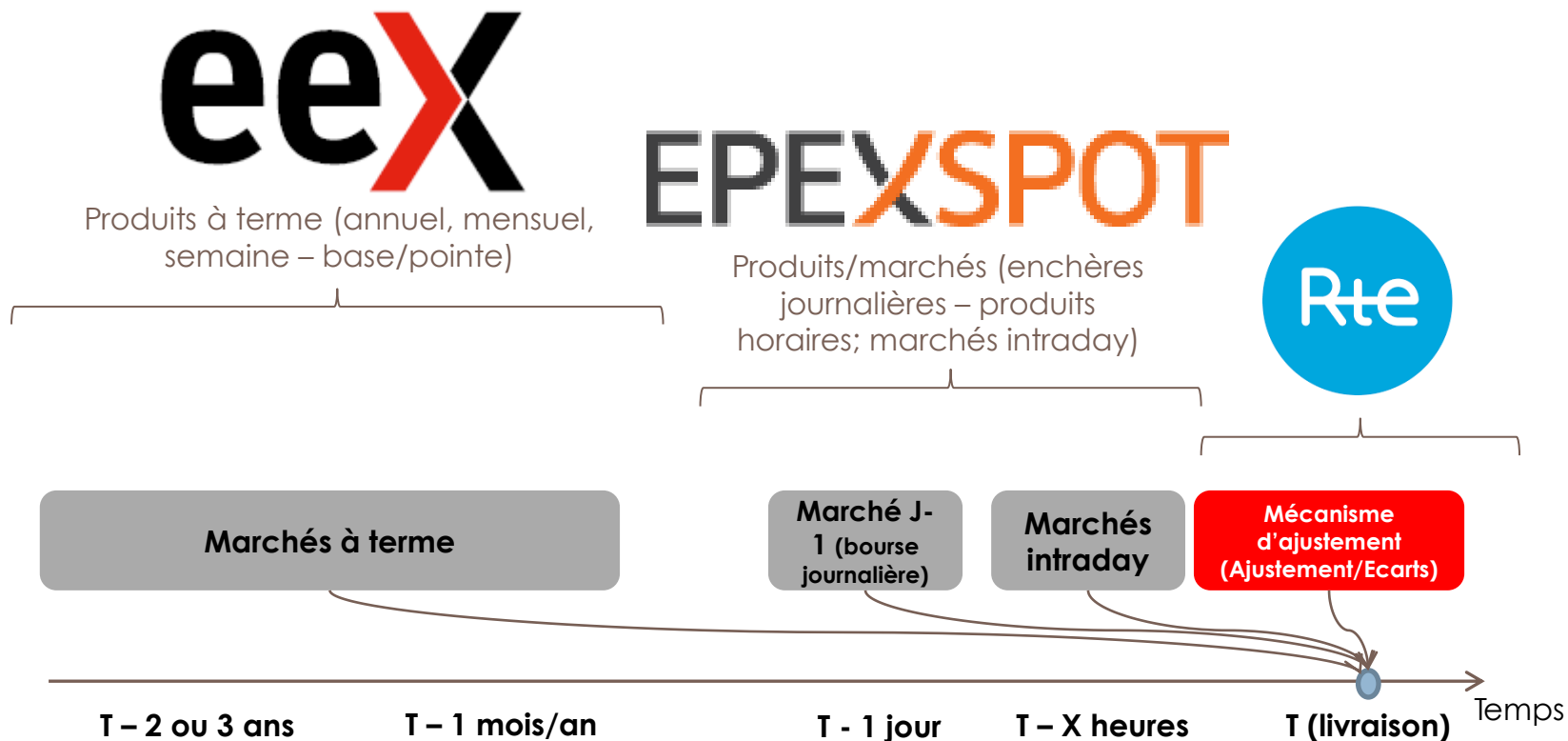
3



Source: [www.cre.fr](http://www.cre.fr)

# La séquence de marchés et le MA

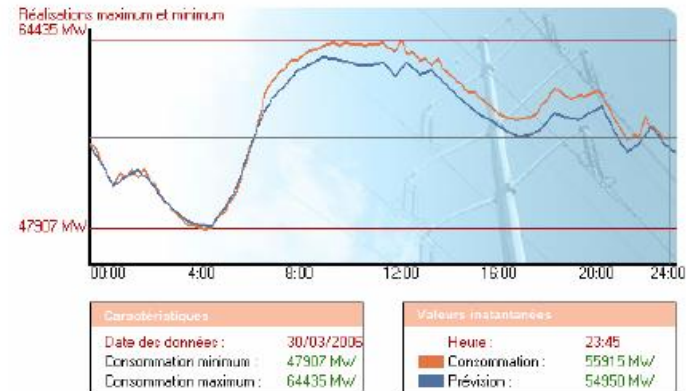
4



# Aléas de court terme (du J-1 au temps réel) et besoins d'ajustement

5

- Consommation
  - ▣ Erreurs de prévision de la consommation
- Production
  - ▣ Erreurs de prévision de la production (e.g. éolien)
  - ▣ Indisponibilité (fortuite) des unités de production
  - ▣ Contraintes techniques qui empêchent les centrales de suivre exactement le volume vendu sur le marché (*ramping*, temps de démarrage)



Diff. entre prév. et consommation (prev. < conso.; max écart = - 2485 MW à 12h45) <sup>5</sup>



# Utilité du mécanisme d'ajustement

6


- Pour le **gestionnaire de réseau de transport**
  - Outil économique pour **équilibrer (Production = Consommation) le système et garantir la sûreté du réseau**
- Pour **les moyens flexibles (production, consommation, stockage)**
  - Possibilité de **vendre de la flexibilité** au gestionnaire de réseau
- Pour **les responsables d'équilibre et les fournisseurs**
  - Incitation à **équilibrer leur portefeuille** (production ou consommation) suite à des erreurs de prévisions des ou à d'autres incidents (e.g., panne d'une centrale)



+ d'ENR Variables →  
+ d'utilité du MA

# Objectifs du cours



- Comprendre les principes de base du fonctionnement de la séquence de marchés d'électricité (du J-1 au temps réel), et, en particulier, le mécanisme d'ajustement et le règlement des écarts
  - Comprendre le rôle des différents acteurs sur ces mécanismes et les flux financiers engendrés
- 

# Plan du cours

- **La séquence de marchés, la bourse journalière et le MA**
- **Quelques chiffres sur le MA français**
- **Le fonctionnement détaillé du MA**
- **Etude de cas (maquette Excel)**
- **Matériel supplémentaire**



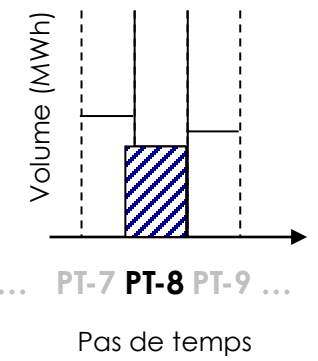
# Plan du cours

- **La séquence de marchés, la bourse journalière et le MA**
- **Quelques chiffres sur le MA français**
- **Le fonctionnement détaillé du MA**
- **Etude de cas (maquette Excel)**
- **Matériel supplémentaire**

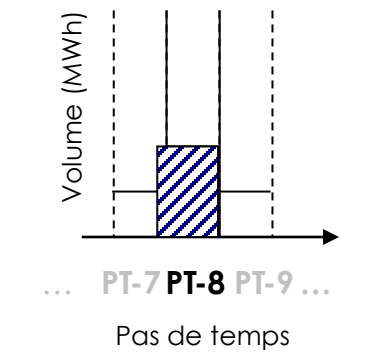
# La séquence de marchés

## Illustration

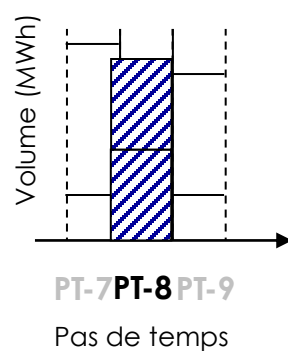
**Marché J-1**  
(bourse journalière)



**Marchés intrajournaliers**



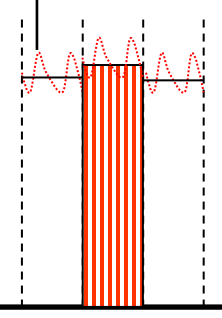
**Positions Contractuelles/ Nomination**



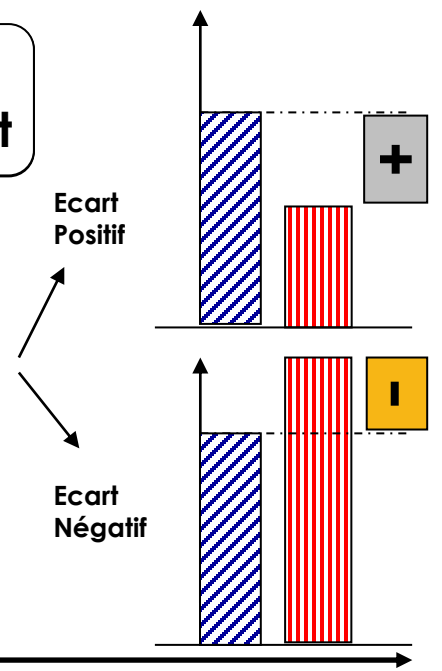
**Gate closure**

**Mécanisme d'ajustement**

Production / Consommation mesurées



**Ecart (ex. Acheteur)**



T-~24h

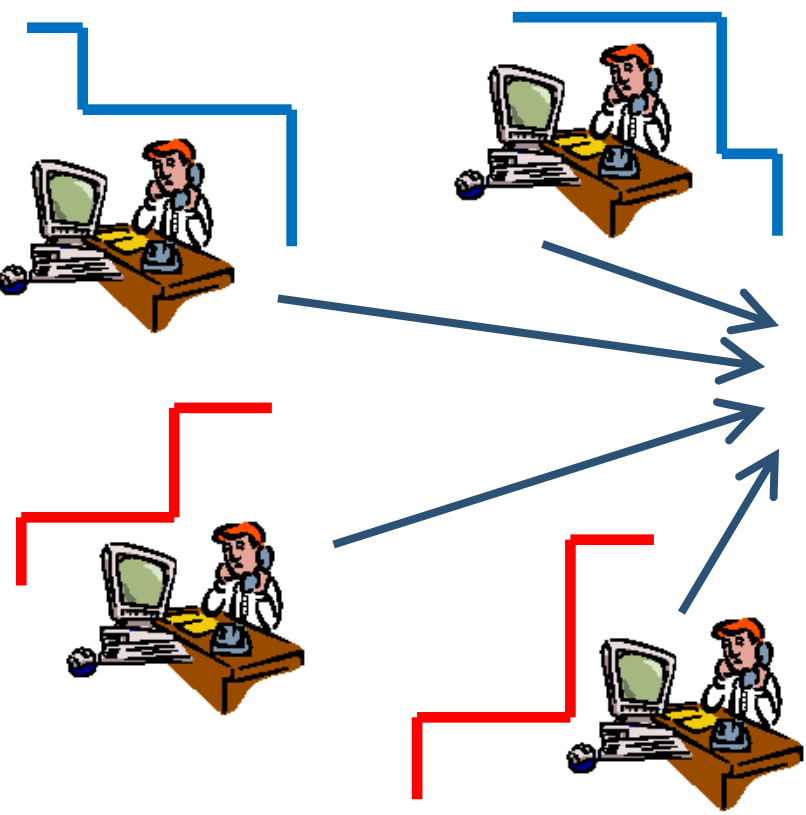
T-~3h

PT-7 PT-8 PT-9

Pas de temps

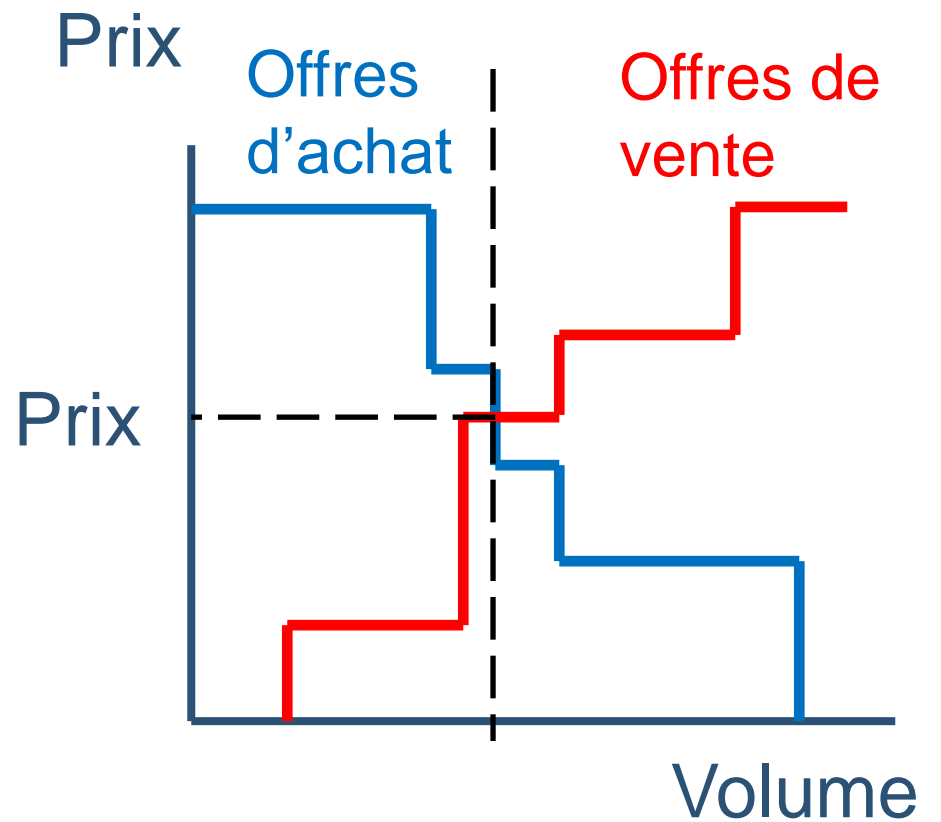
# La bourse d'électricité **EPEXSPOT**

11



Offres

12:00 J-1



Fixing et publication des résultats

~13:00 J-1

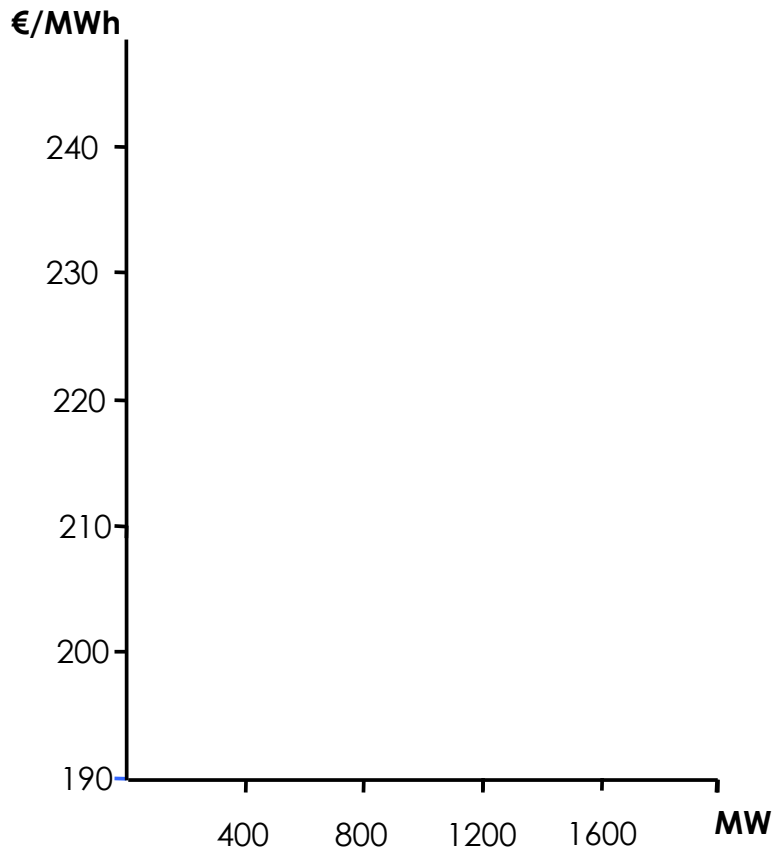
Temps

# La bourse d'électricité **EPEXSPOT**

12

## EXEMPLE D'OFFRE SUR UNE BOURSE JOURNALIERE

### Offre pour l'heure [19 – 20] demain



### Cas d'un producteur pur

Portefeuille de **production** :

→ une centrale à **charbon** de 800 MW (coût variable incluant le CO2 : 200 €/MWh)

→ deux cycles combinés à **gaz** de 400 MW chacun (coût variable incluant le CO2 : 230 €/MWh)

### Carnet d'ordres

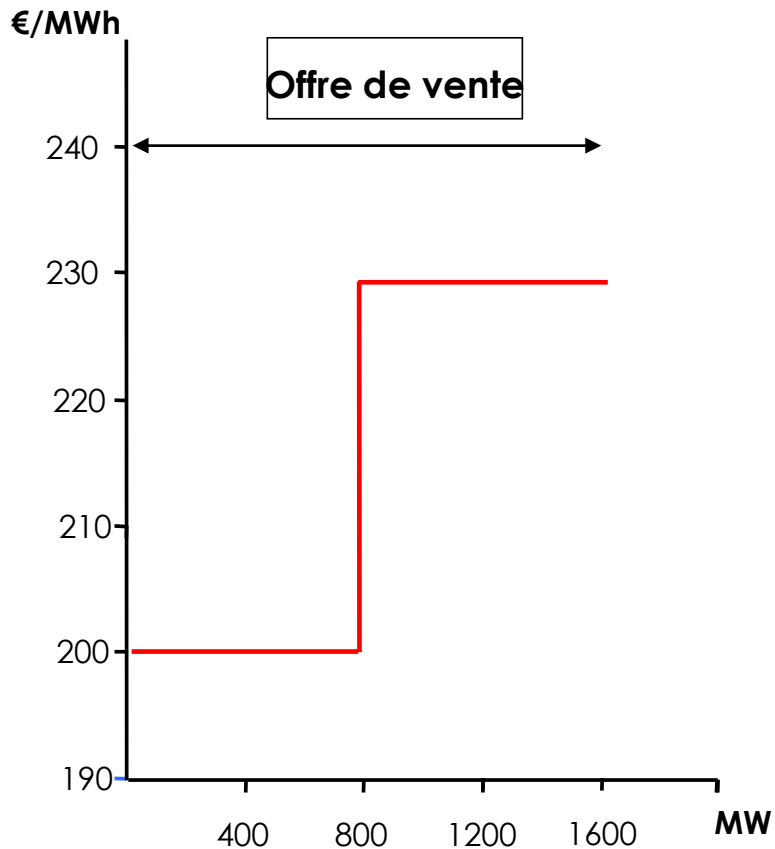
ACHAT		VENTE	
Quantité (MWh)	Prix (€/MWh)	Quantité (MWh)	Prix (€/MWh)

# La bourse d'électricité **EPEXSPOT**

13

## EXEMPLE D'OFFRE SUR UNE BOURSE JOURNALIERE

### Offre pour l'heure [19 – 20] demain



### Cas d'un producteur pur

Portefeuille de **production** :

→ une centrale à **charbon** de 800 MW (coût variable incluant le CO<sub>2</sub> : 200 €/MWh)

→ deux cycles combinés à **gaz** de 400 MW chacun (coût variable incluant le CO<sub>2</sub> : 230 €/MWh)

### Carnet d'ordres

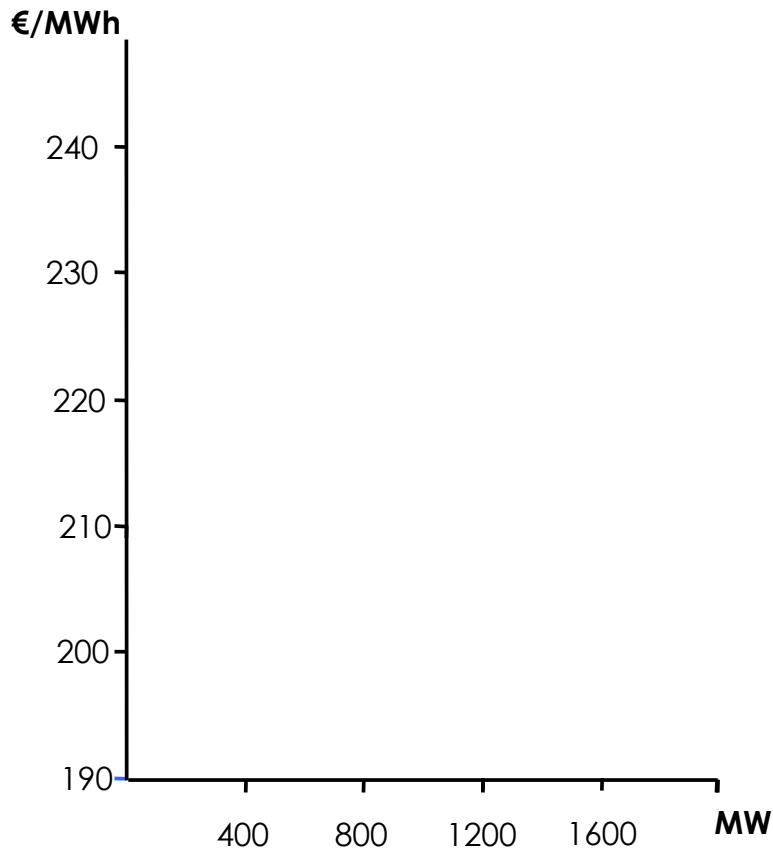
ACHAT		VENTE	
Quantité (MWh)	Prix (€/MWh)	Quantité (MWh)	Prix (€/MWh)
		800	200
		800	230

# La bourse d'électricité **EPEXSPOT**

14

## EXEMPLE D'OFFRE SUR UNE BOURSE JOURNALIERE Cas d'un fournisseur / producteur

### Offre pour l'heure [19 – 20] demain



Portefeuille de **consommation** : 1000 MW de demande, par exemple, pour l'heure [19 – 20] demain

Portefeuille de **production** :

→ une centrale à **charbon** de 800 MW (coût variable incluant le CO<sub>2</sub> : 200 €/MWh)

→ deux cycles combinés à **gaz** de 400 MW chacun (coût variable incluant le CO<sub>2</sub> : 230 €/MWh)

### Carnet d'ordres

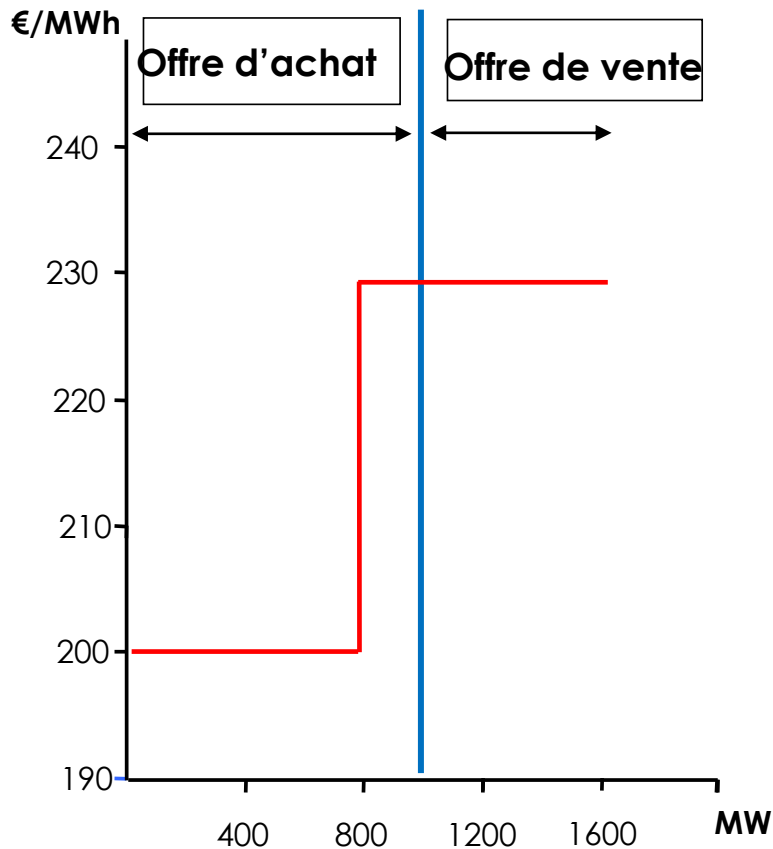
ACHAT		VENTE	
Quantité (MWh)	Prix (€/MWh)	Quantité (MWh)	Prix (€/MWh)

# La bourse d'électricité **EPEXSPOT**

15

## EXEMPLE D'OFFRE SUR UNE BOURSE JOURNALIERE Cas d'un fournisseur / producteur

### Offre pour l'heure [19 – 20] demain



Portefeuille de **consommation** : 1000 MW de demande, par exemple, pour l'heure [19 – 20] demain

Portefeuille de **production** :

- une centrale à **charbon** de 800 MW (coût variable incluant le CO<sub>2</sub> : 200 €/MWh)
- deux cycles combinés à **gaz** de 400 MW chacun (coût variable incluant le CO<sub>2</sub> : 230 €/MWh)

### Carnet d'ordres

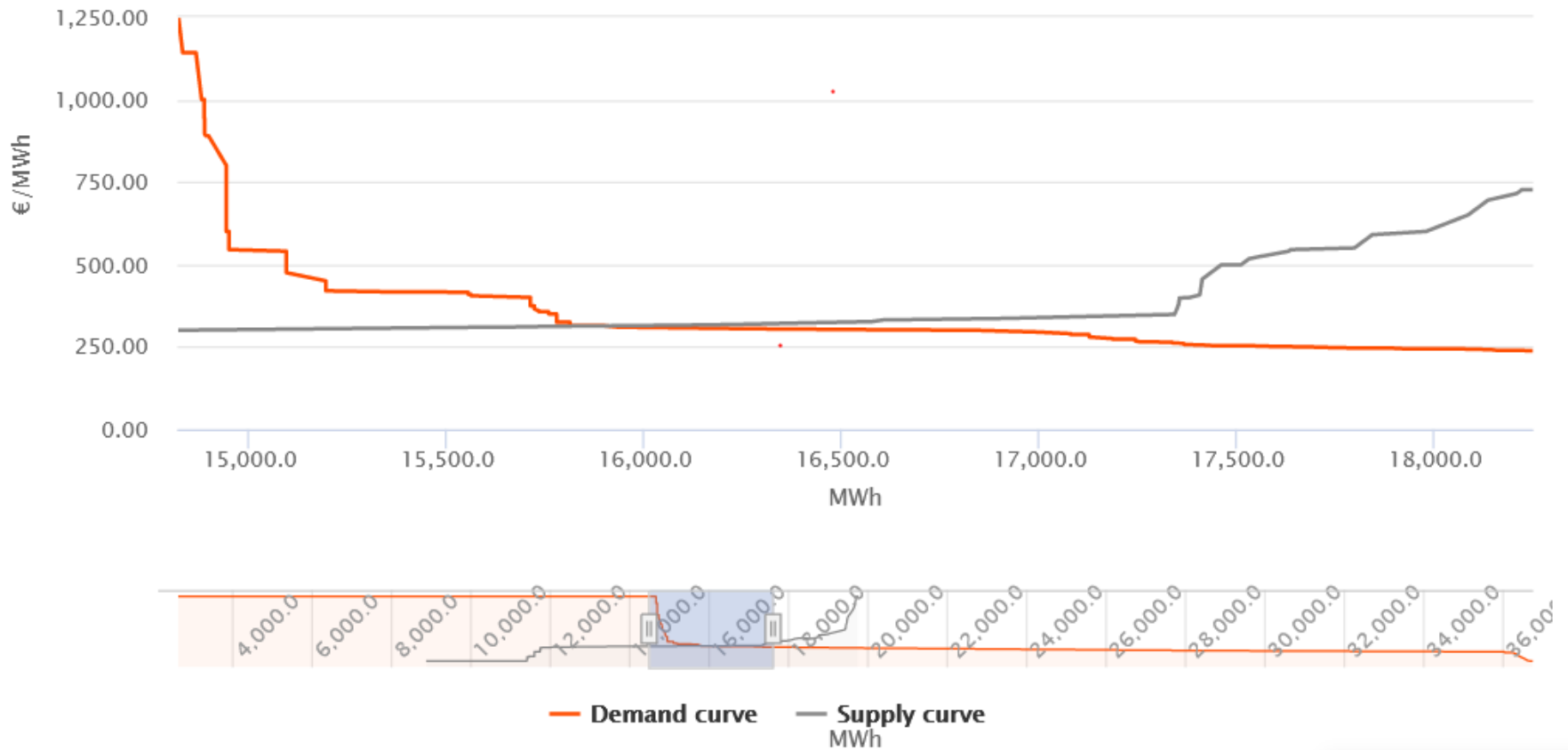
ACHAT		VENTE	
Quantité (MWh)	Prix (€/MWh)	Quantité (MWh)	Prix (€/MWh)
200	230	600	230
800	200		

# La bourse d'électricité **EPEX SPOT**

16

## EPEX Spot France – mercredi 26 janvier 2022 – Heure 19-20

Price : 313.79 €/MWh | Volume : 13,629.6 MWh





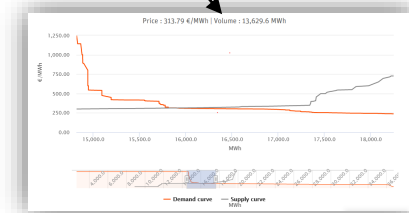
# La bourse d'électricité **EPEXSPOT**

17

- Cette modalité de détermination des prix sur le marché de gros est mise en œuvre pour tous les produits horaires du lendemain



EPEX Spot France – journée du 26 janvier 2022



# Mécanisme d'ajustement (1/2)

18

- Deux grandes parties du mécanisme d'ajustement
  - ▣ L'ajustement
  - ▣ Le règlement des écarts



Introduction

Fonctionnement  
du MA

Le MA en  
France

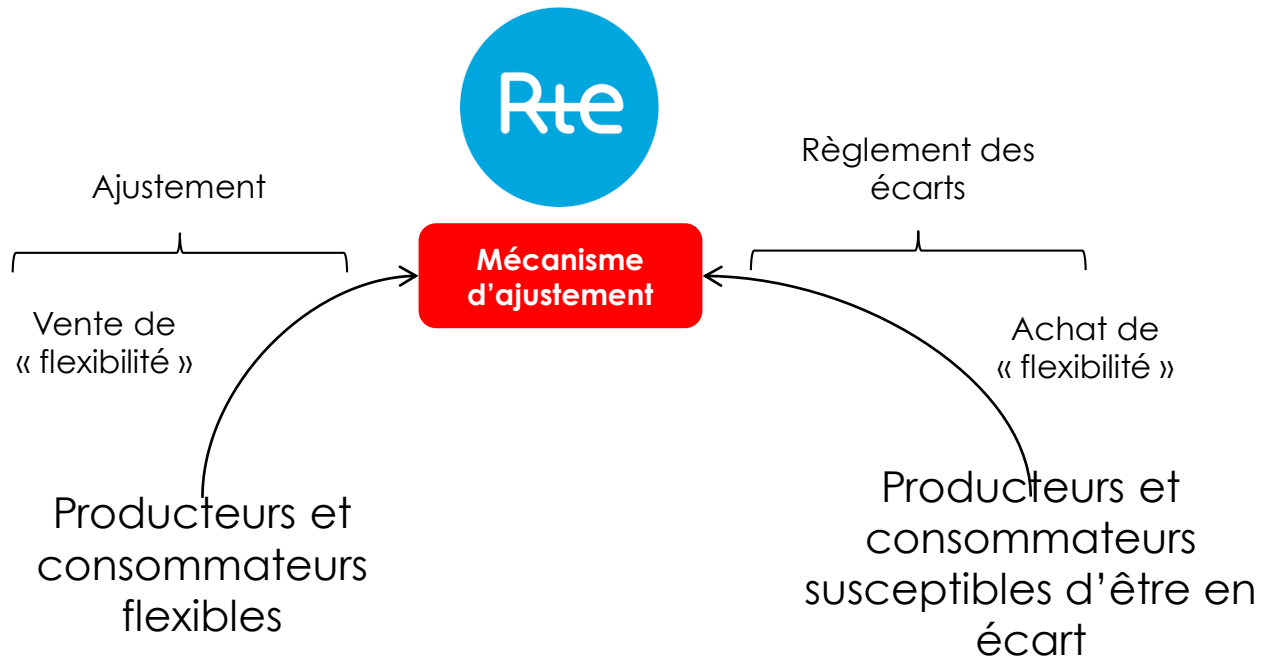
Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# Mécanisme d'ajustement (2/2)

19

- Deux grandes parties du mécanisme d'ajustement
  - ▣ L'ajustement
  - ▣ Le règlement des écarts



Introduction

Fonctionnement  
† du MA

Le MA en  
France

Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# Plan du cours

- **La séquence de marchés, la bourse journalière et le MA**
- **Quelques chiffres sur le MA français**
- **Le fonctionnement détaillé du MA**
- **Etude de cas (maquette Excel)**
- **Matériel supplémentaire**

## KLAXOON (Quiz)

- <https://app.klaxoon.com/>
- Code d'accès : PPGFU5C

# Les participants du MA

22

- ~50 acteurs d'ajustement (2021)
  - Producteurs électriques français
  - Acteurs étrangers : producteurs hydrauliques suisses, allemands ...
  - Agrégateurs d'effacements de gros consommateurs : EnergyPool, Smart Grid Energy
  - Agrégateurs d'effacements de petits consommateurs : Voltalis
  - Consommateurs « électro-intensifs » (e.g., Arcelor)
- ~150 responsables d'équilibre (RE actifs en 2021)
  - ~ 50 responsables d'équilibre « physiques » (injection et/ou soutirage)
    - Producteurs électriques européens et fournisseurs : EDF SA, TOTAL, ENGIE, ENI
    - Entreprises Locales de Distribution : de Strasbourg, de Grenoble, de la Vienne...
    - Consommateurs « électro-intensifs » : Arcelor, Exeltium ...
    - ENEDIS et RTE : responsables d'Equilibre pour l'achat des pertes sur leur réseau
    - EDF OA : responsable d'équilibre pour les actifs renouvelables en obligation d'achat
  - ~100 responsables d'équilibre « financiers » (sans injection ni soutirage)
    - Traders : EDF-T, Endesa trading, ... et Banques : Calyon, Barclays,...

Introduction

Fonctionnement  
du MA

Le MA en  
France

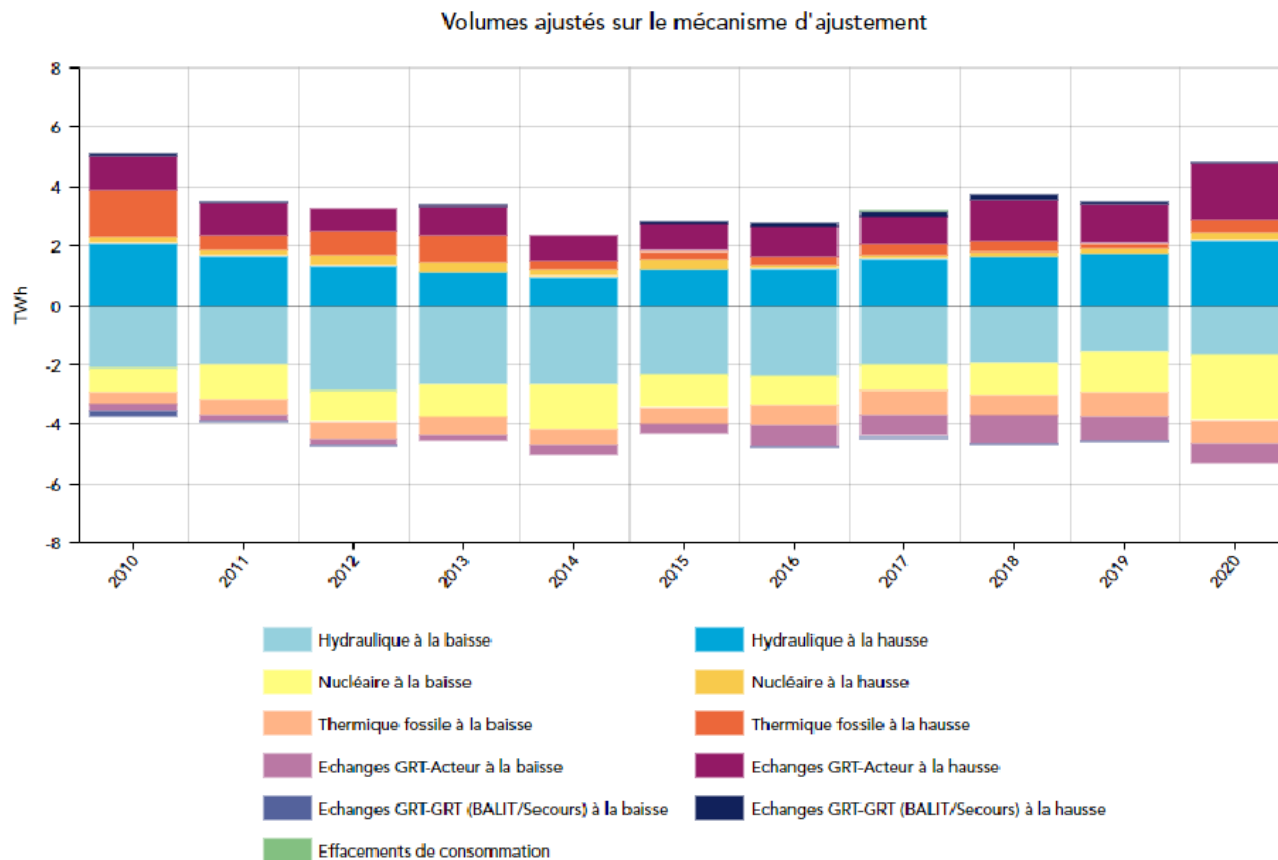
Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# Volume d'ajustement

24

- En 2021, RTE a mobilisé 9,2 TWh à la hausse et à la baisse (2 % de la consommation française)
- Volume relativement stable
- Hydraulique principalement
- Contribution des effacements très marginale en énergie  
(mais part importante en réservation de puissance)



Source : bilan électrique RTE 2020

Introduction

Fonctionnement du MA

Le MA en France

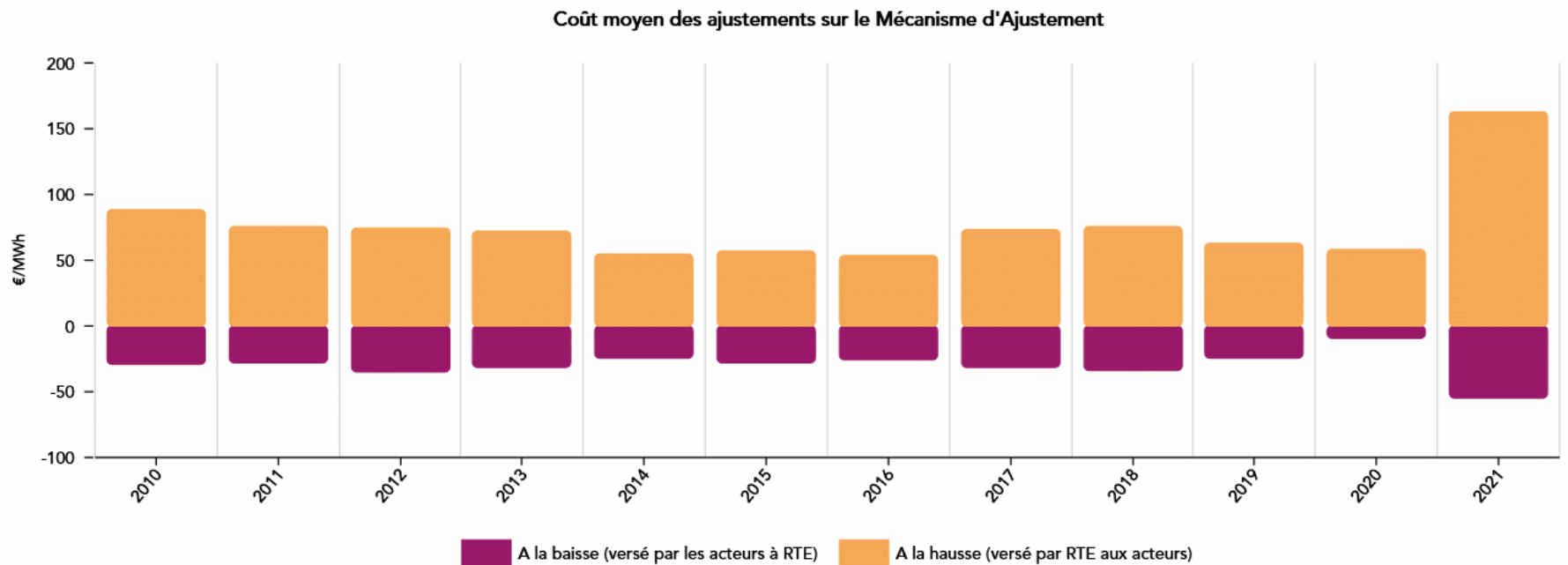
Etude de cas (Excel)

Matériel supplémentaire

# Coût d'ajustement

25

- Historique des coûts moyens d'ajustement :



Source : bilan électrique RTE 2021

Introduction

Fonctionnement  
du MA

Le MA en  
France

Etude de cas  
(Excel)

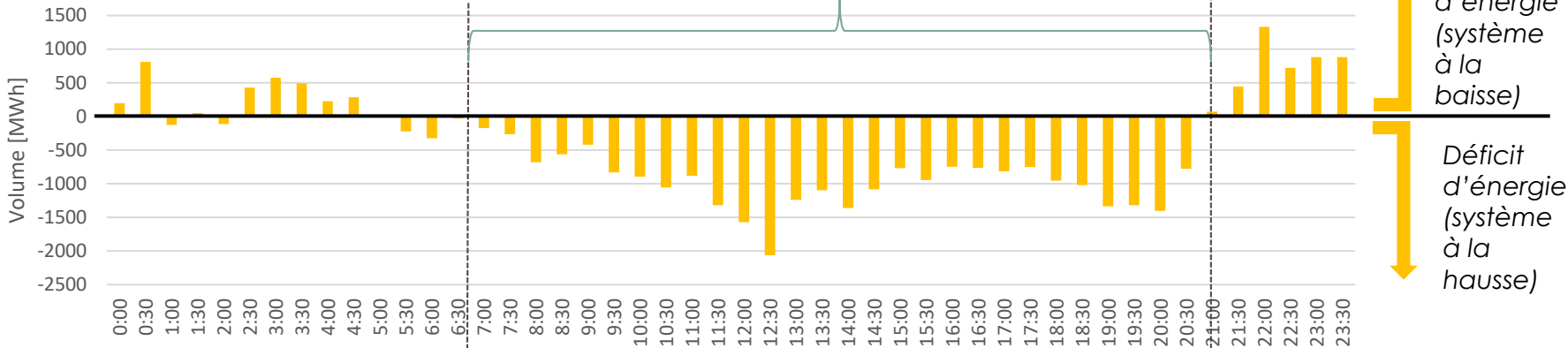
Matériel  
supplémentaire



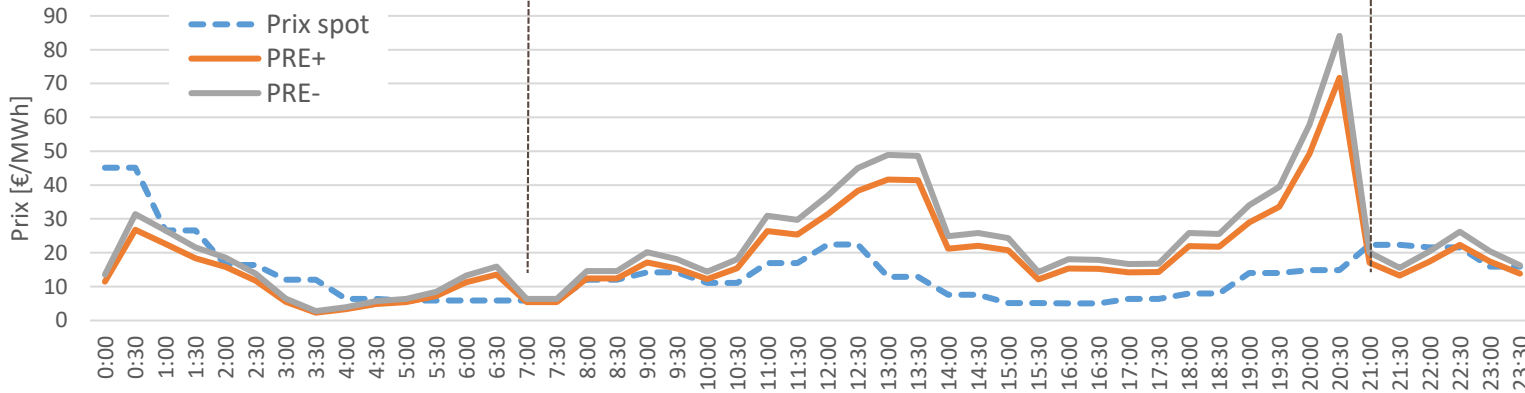
# Illustration prix des écarts

## Deséquilibre - Dimanche 29/04/2018

Exemple de période de déséquilibre < 0  
Système à la Hausse



## Prix des écarts - Dimanche 29/04/2018



Source : RTE

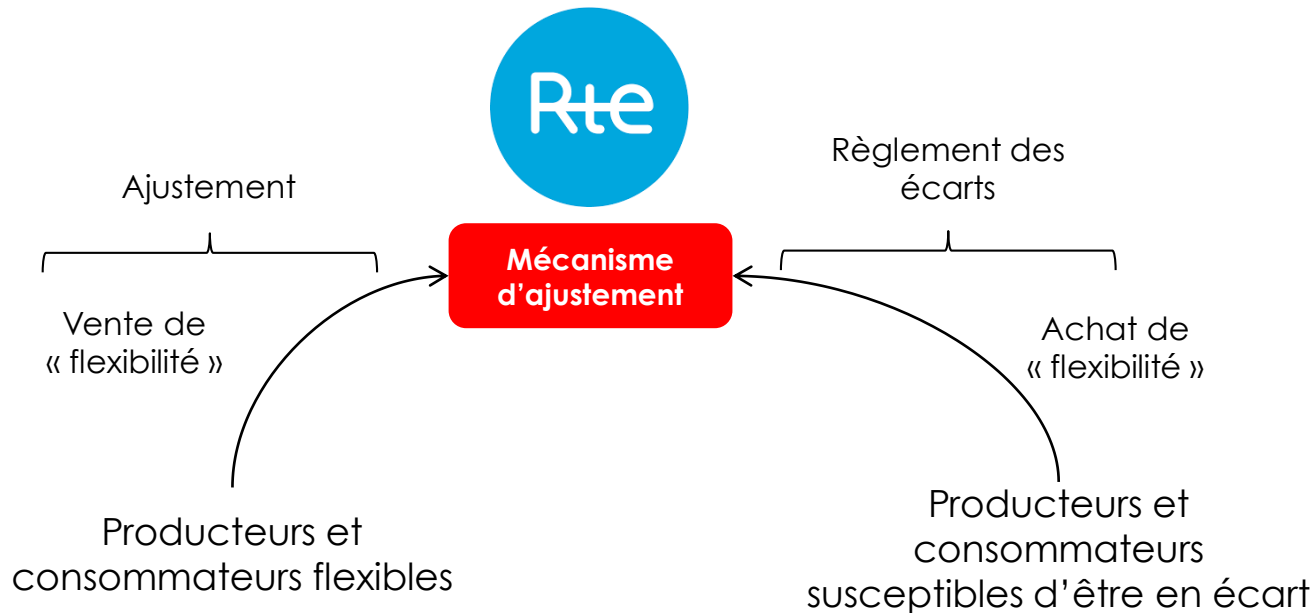
# Plan du cours

- La séquence de marchés, la bourse journalière et le MA
- Quelques chiffres sur le MA français
- Le fonctionnement détaillé du MA
- Etude de cas (maquette Excel)
- Matériel supplémentaire

# Mécanisme d'ajustement (1/3)

28

- Deux grandes parties du mécanisme d'ajustement
  - ▣ L'ajustement
  - ▣ Le règlement des écarts



Introduction

Fonctionnement  
† du MA

Le MA en  
France

Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# Mécanisme d'ajustement (2/3)

**Mécanisme d'ajustement**

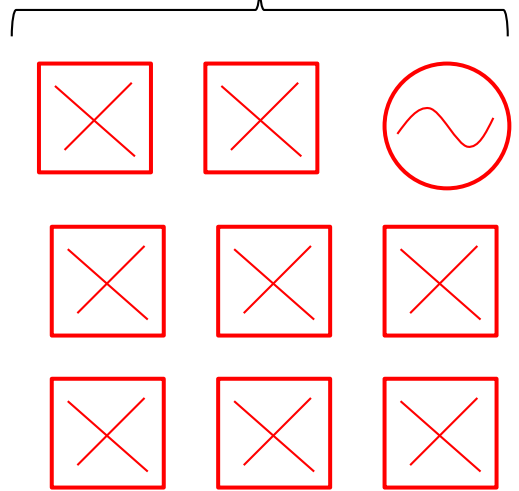
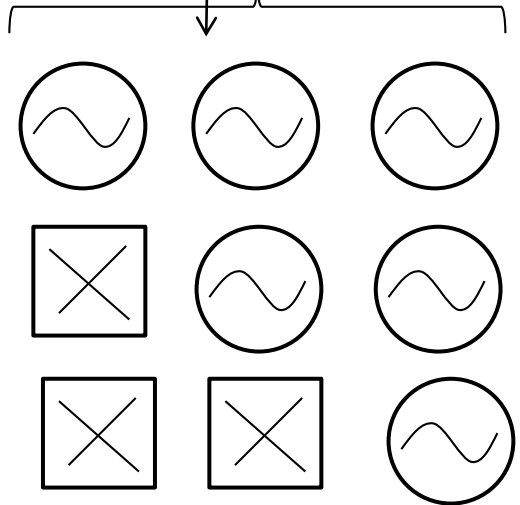
**Equilibrage ou ajustement**

**Règlement des écarts**

Offres d'ajustements

Déséquilibre (anticipé) du système

Écarts



Producteurs et consommateurs flexibles

Producteurs et consommateurs susceptibles d'être en écart

# Mécanisme d'ajustement (3/3)

30

- 1) Offres d'ajustement
- 2) Le déséquilibre du système
- 3) L'ajustement (activation d'offres d'ajustement)
- 4) Les écarts

Introduction

Fonctionnement  
† du MA

Le MA en  
France

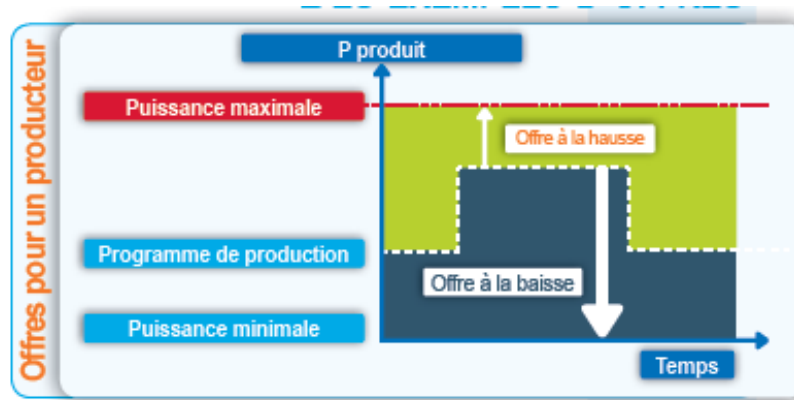
Étude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# 1. Les offres d'ajustement

31

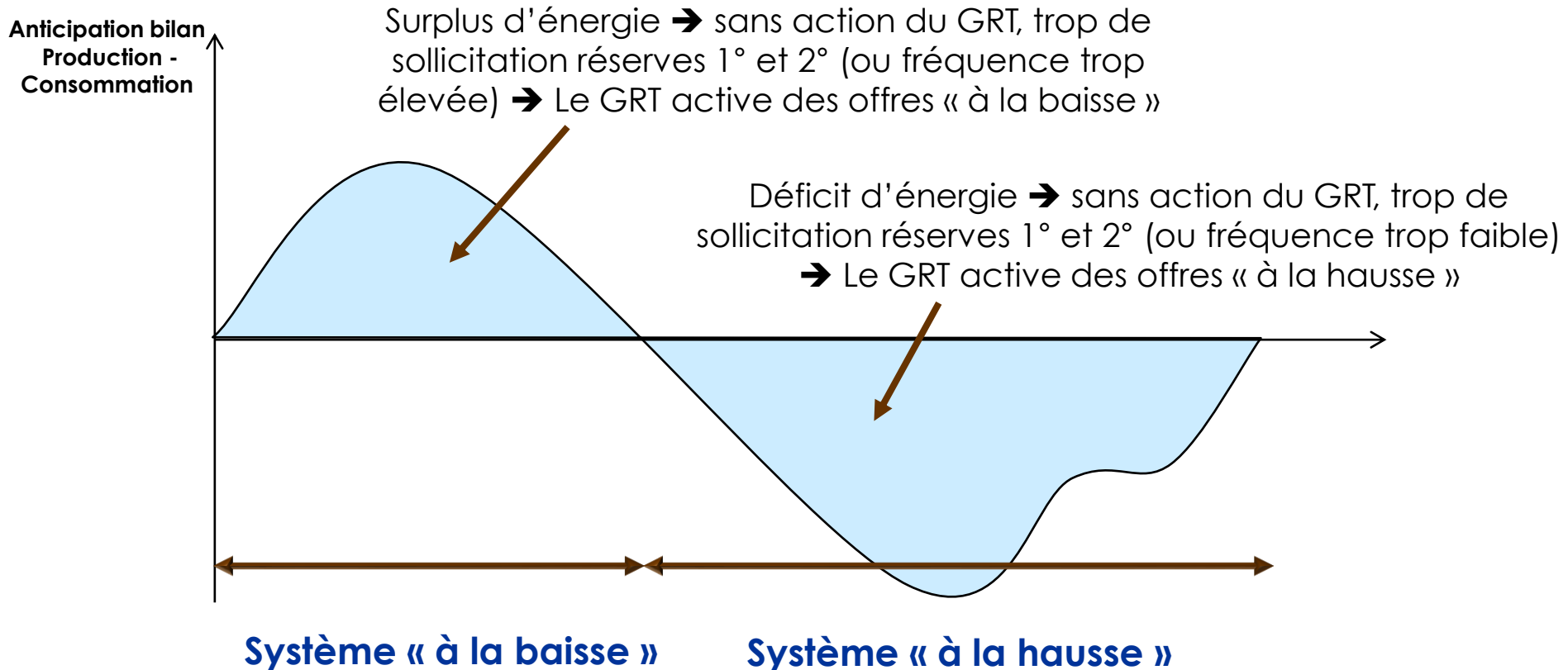
- Offres d'ajustement à la hausse
  - Augmentation de la production (e.g., 100MW@50€/MWh)
  - Diminution de la consommation (effacement) – vue du système
- Offres d'ajustement à la baisse
  - Diminution de la production
  - Augmentation de la consommation – vue du système (e.g., 10MW@20€/MWh)



Source: [www.rte-france.com](http://www.rte-france.com)

# 2. Déséquilibre du système

32



Introduction

Fonctionnement  
† du MA

Le MA en  
France

Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# 3. L'ajustement (activation d'offres d'ajustement) (1/4)

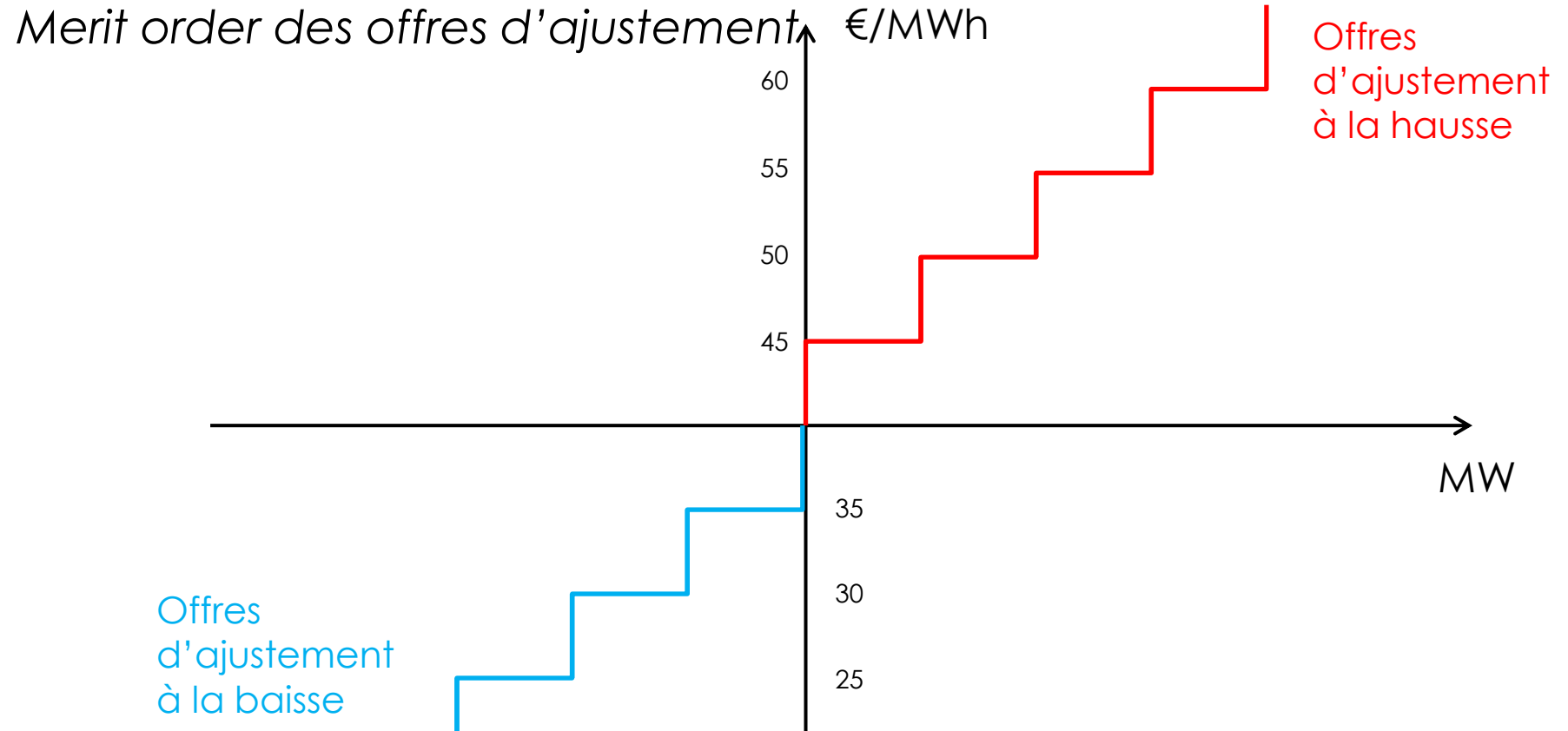
33

- Le GRT utilise (active) les offres d'ajustement pour équilibrer le système
  - ▣ En cas de déficit d'énergie (tendance à la hausse)
    - Augmentation de la production (ajustement à la hausse)
    - Diminution de la consommation (ajustement à la hausse – vue du système)
  - ▣ En cas de surplus d'énergie (tendance à la baisse)
    - Diminution de la production (ajustement à la baisse)
    - Augmentation de la consommation (ajustement à la baisse – vue du système)
  
- Pour équilibrer le système au moindre coût, le GRT sélectionne les offres d'ajustement via un mécanisme d'enchère (*merit order*)



# 3. L'ajustement (activation d'offres d'ajustement) (2/4)

34



Introduction

Fonctionnement du MA

Le MA en France

Etude de cas (Excel)

Matériel supplémentaire

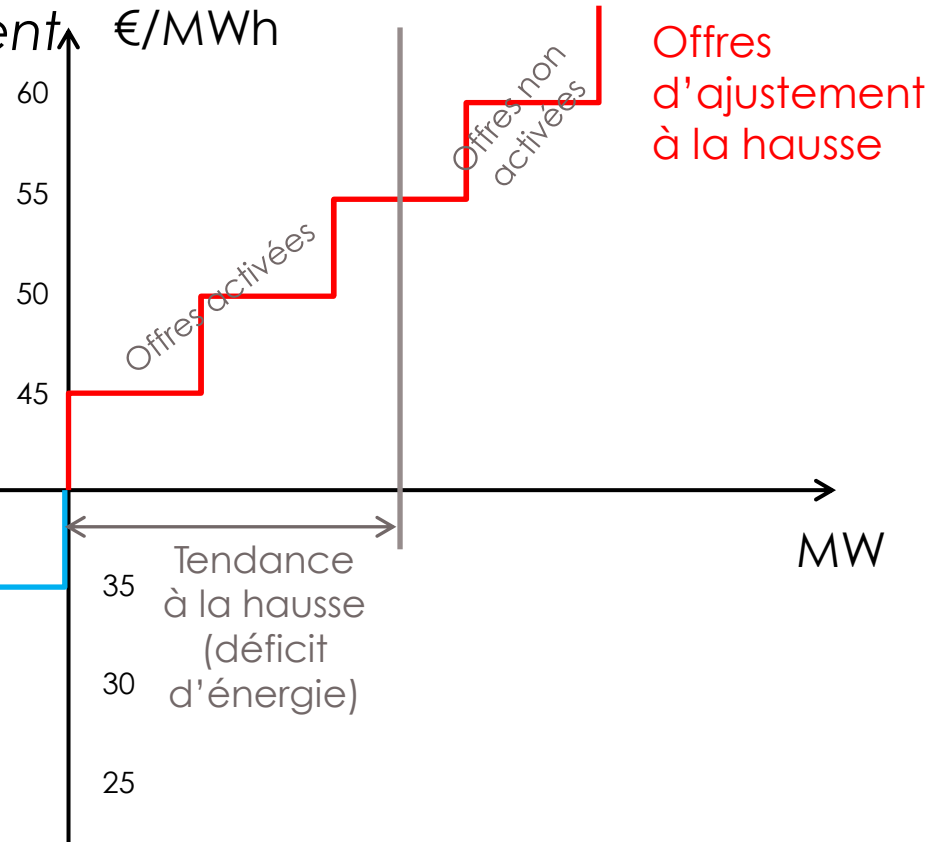
# 3. L'ajustement (activation d'offres d'ajustement) (3/4)

35

Merit order des offres d'ajustement

**Le GRT paie les offres activées à la hausse**

Offres d'ajustement à la baisse



Offres d'ajustement à la hausse

Introduction

Fonctionnement du MA

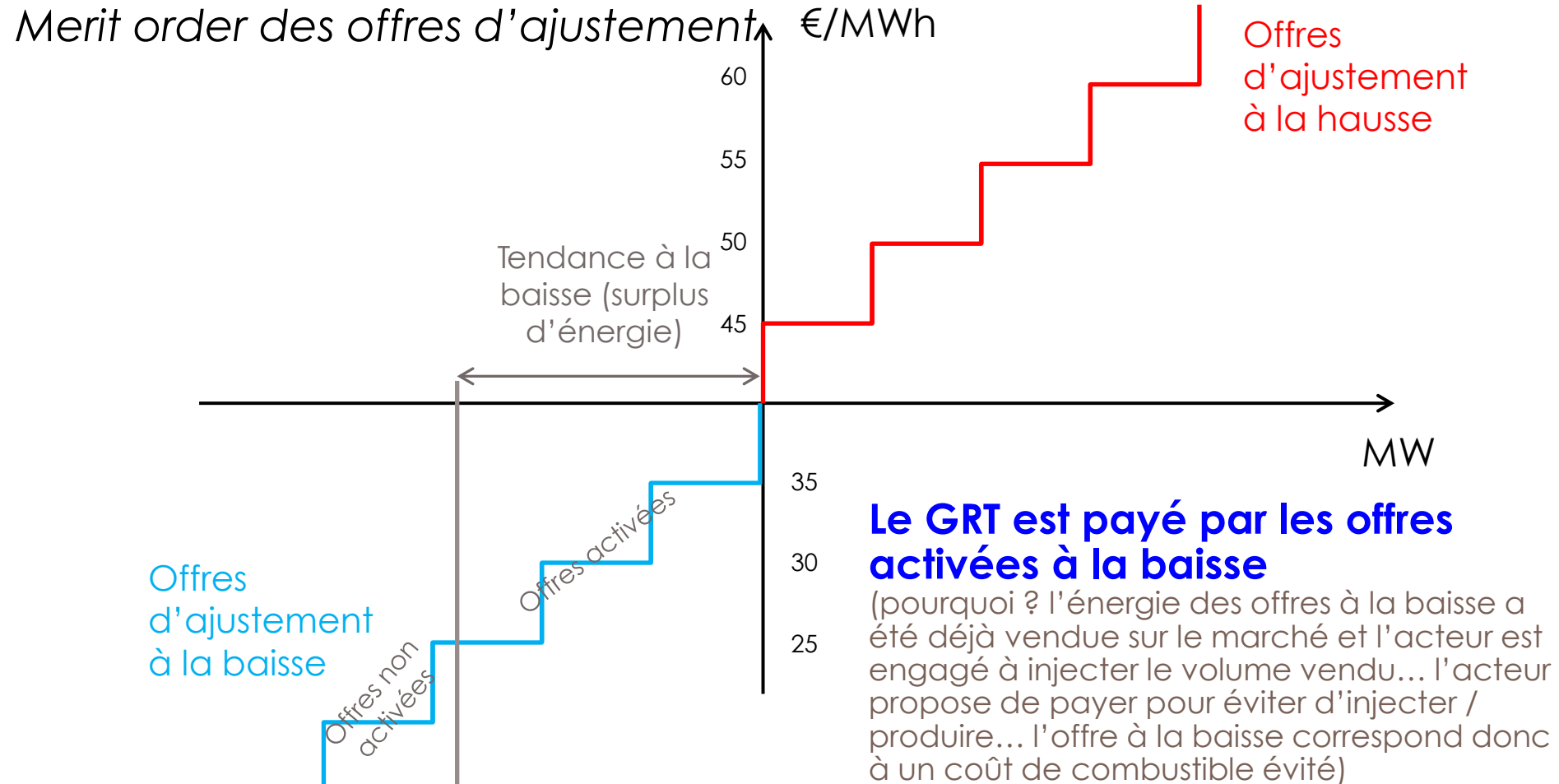
Le MA en France

Etude de cas (Excel)

Matériel supplémentaire

# 3. L'ajustement (activation d'offres d'ajustement) (4/4)

36



Introduction

Fonctionnement du MA

Le MA en France

Etude de cas (Excel)

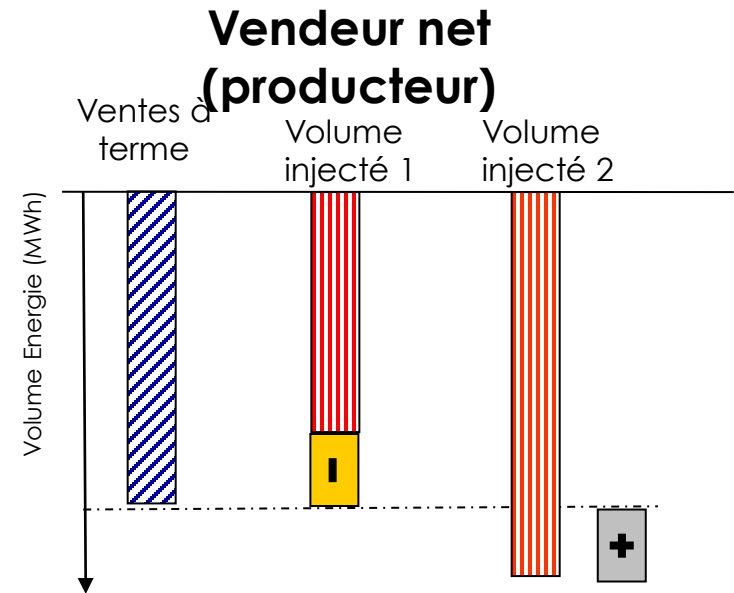
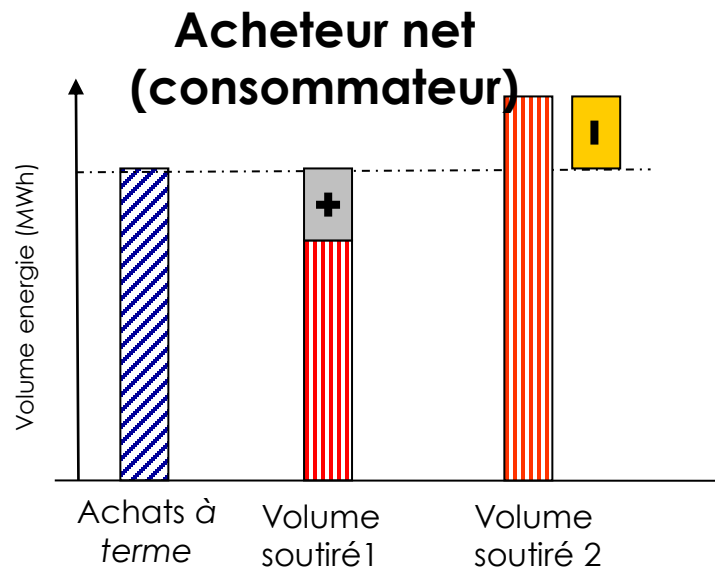
Matériel supplémentaire

# 4. Les écarts – cas simple

37

□ Ecart =

- Position contractuelle à la *gate closure*  
*moins*
- Energie (valeur moyenne) mesurée (soutirage ou injection) pendant la période de règlement



# 4. Les écarts

## Origine des écarts

38

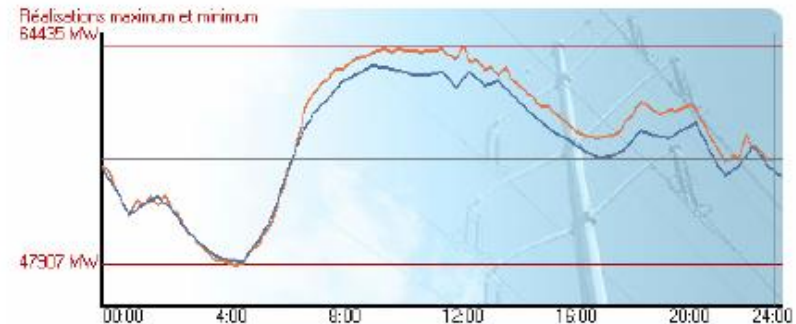
- Consommation
  - ▣ Problèmes de prévision de la consommation
- Production
  - ▣ Indisponibilité (fortuite) des unités de production
  - ▣ Problèmes de prévision de la production (ex éolien)
  - ▣ Contraintes techniques qui empêchent les centrales de suivre exactement le volume vendu sur le marché (*ramping*, temps de démarrage)
- Trading → Arbitrages Day-ahead vs. Temps réel

# 4. Les écarts

## Origine des écarts → Consommation

39

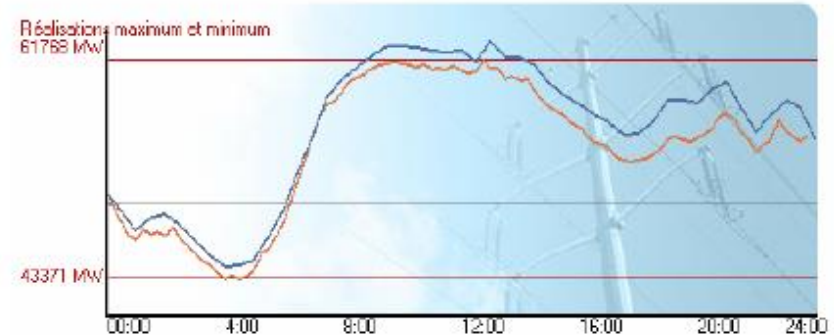
- Les erreurs de prévision à l'horizon d'une journée peuvent être considérables
- Plus la consommation est désagrégée, plus les erreurs de prévision peuvent être importantes (en termes relatifs)



Caractéristiques	
Date des données :	30/03/2005
Consommation minimum :	47907 MW
Consommation maximum :	64435 MW

Valeurs instantanées	
Heure :	23:45
Consommation :	55915 MW
Prévision :	54950 MW

Diff. entre prév. et consommation (prev. < conso.; max écart = - 2485 MW à 12h45) <sup>5</sup>



Caractéristiques	
Date des données :	03/04/2006
Consommation minimum :	43371 MW
Consommation maximum :	61788 MW

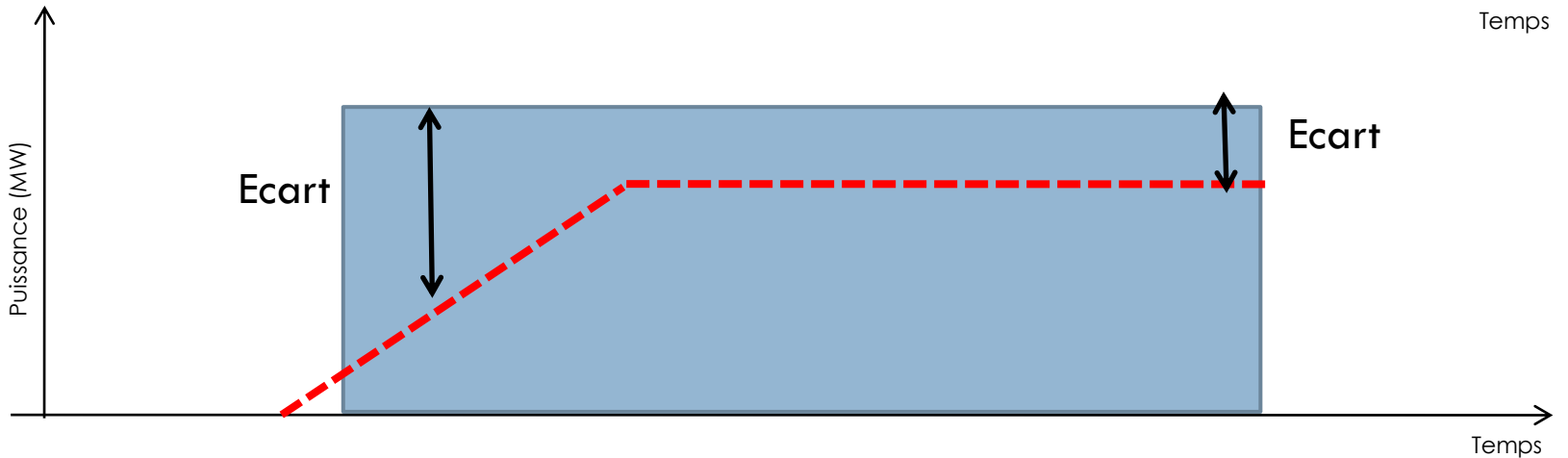
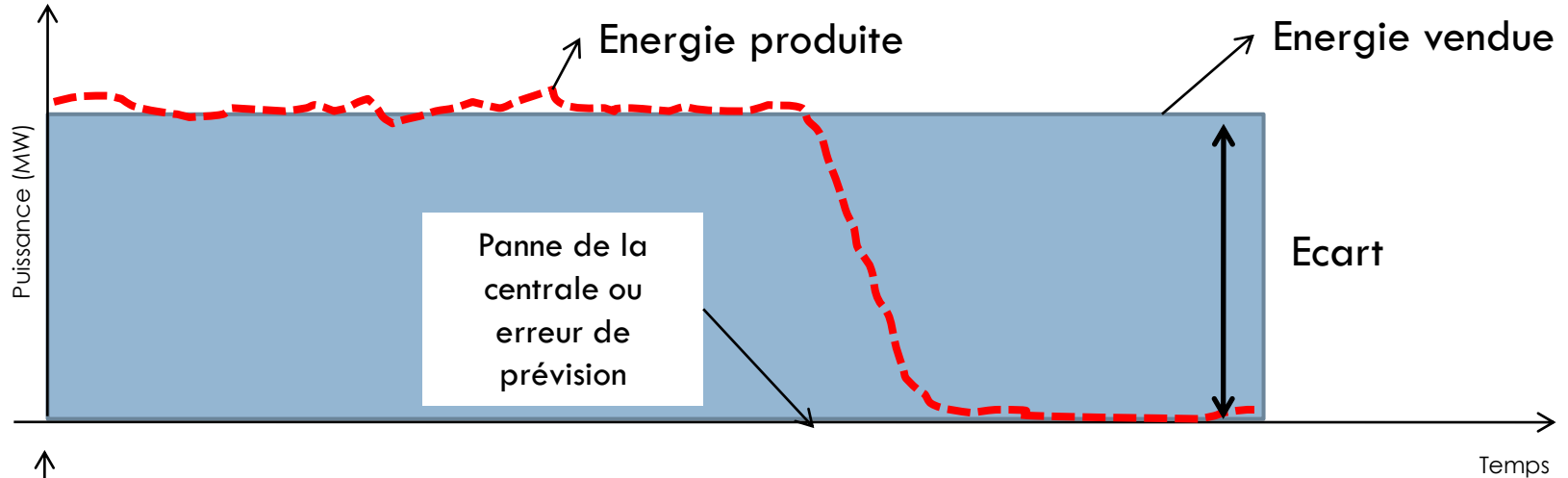
Valeurs instantanées	
Heure :	0:00
Consommation :	49742 MW
Prévision :	50600 MW

Diff. entre prévision et consommation (prev. > conso. ; max écart = 2758 MW à 14h) <sup>6</sup>

# 4. Les écarts

## Origine des écarts → Production

40



Introduction

Fonctionnement  
du MA

Le MA en  
France

Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# Responsable d'équilibre: participant agréé par le GRT pour le règlement financier des écarts

**Mécanisme d'ajustement**

**Equilibrage**

**Ecart et règlement des écarts**

Offres d'ajustements

Déséquilibre du système

Responsable d'équilibre 1

Responsable d'équilibre 2

Responsable d'équilibre 3

Producteurs et consommateurs flexibles

Prod./conso. susceptibles d'être en écart



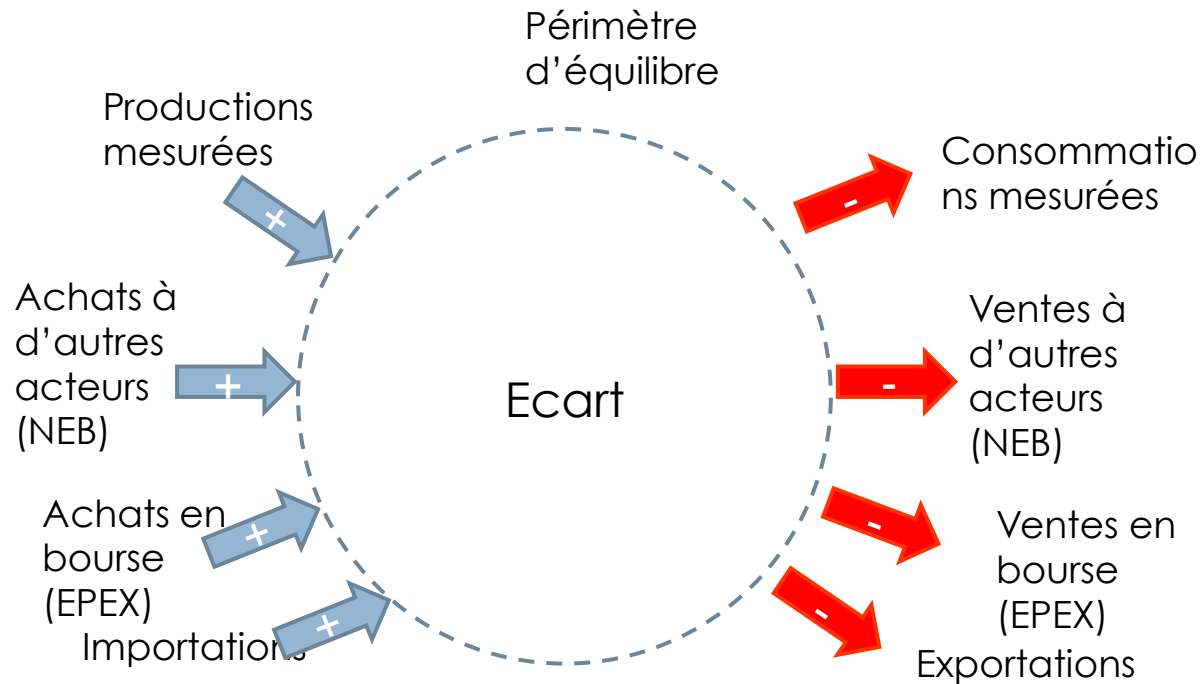
# Calcul des écarts pour un Responsable d'équilibre

42

**FORMULE SIMPLIFIÉE DE L'ECART**

<b>INJECTIONS (I)</b>
+ Productions (R)
+ Achats à d'autres acteurs (D)
+ Achats en bourse (D)
+ Importations (D)
<b>SOUTIRAGES (S)</b>
- Consommations ajustées (R)
- Ventes à d'autres acteurs (D)
- Ventes en bourse (D)
- Exportations (D)
-----
- Écarts
Réalisé (R) i.e. mesuré - Déclaratif (D)

2



Ce calcul est réalisé pour chaque pas de temps  
(30 minutes en France)

Introduction

Fonctionnement  
† du MA

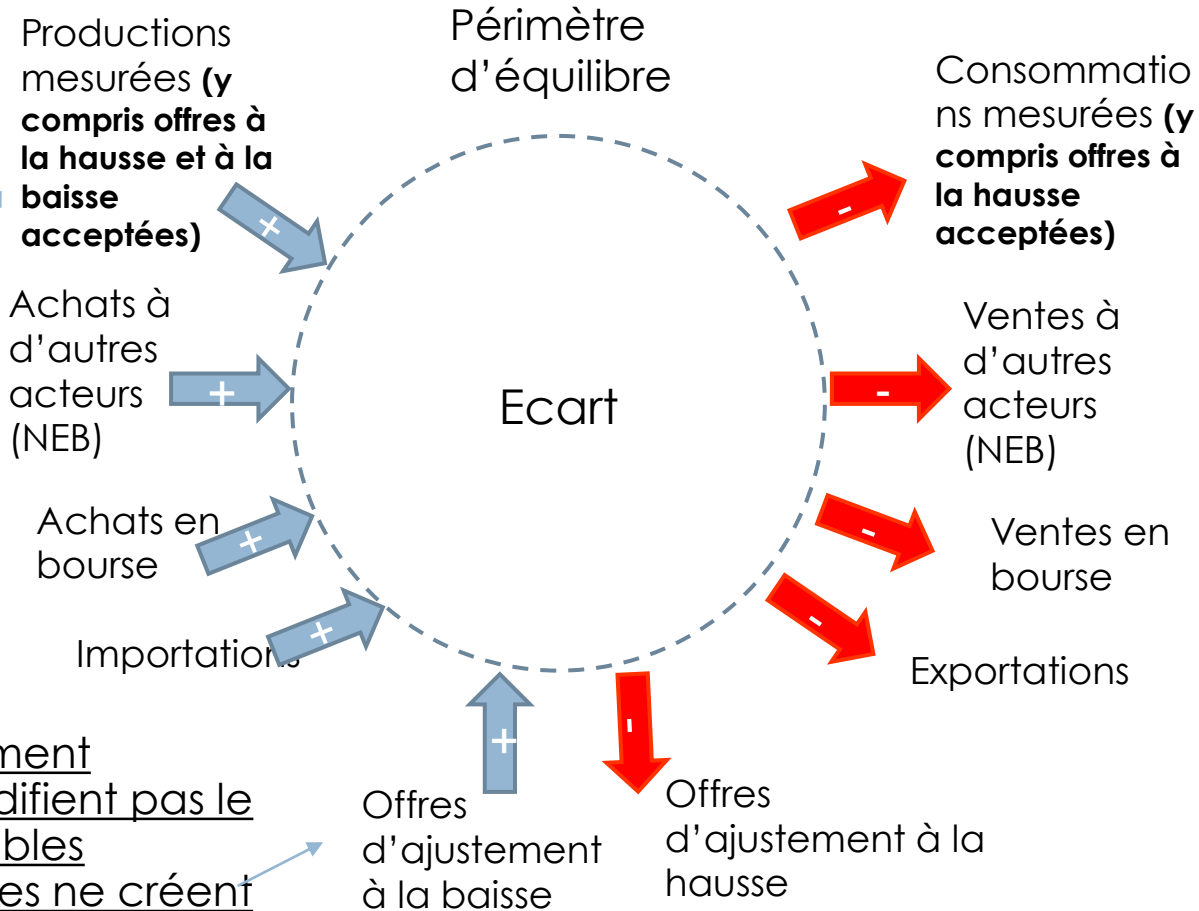
Le MA en  
France

Étude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# Calcul des écarts pour un Responsable d'équilibre (+/- offres d'ajustement)

46



Les offres d'ajustement acceptées ne modifient pas le bilan des responsables d'équilibre (i.e., elles ne créent pas des écarts)

Introduction

Fonctionnement  
† du MA

Le MA en  
France

Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# 4. Le règlement financier des écarts (1/2)

47

## Règlement des écarts

- Ecart négatif (coût lié à un déficit d'énergie)
  - ▣ Le responsable d'équilibre paie le GRT
  - ▣ Règlement = prix des écarts négatifs x volume d'écarts négatifs
- Ecart positif (compensation liée à un surplus d'énergie)
  - ▣ Le GRT paie le responsable d'équilibre
  - ▣ Règlement = prix des écarts positifs x volume d'écarts positifs

# 4. Le règlement financier des écarts (2/2)

48

Illustration → prix des écarts en France

## Tendance du système

Type d'écart

	Tendance d'ajustement <u>à la baisse</u>	Tendance d'ajustement <u>à la hausse</u>
Ecart négatif (déficit) Le RE rémunère RTE	$PMB * (1+k)$	$PMH * (1+k)$
Ecart positif (surplus) RTE rémunère le RE	$PMB * (1-k)$	$PMH * (1-k)$

PMH = prix moyen pondéré des offres acceptées à la hausse

PMB = prix moyen pondéré des offres acceptées à la baisse

k = coefficient de pénalité

Introduction

Fonctionnement  
† du MA

Le MA en  
France

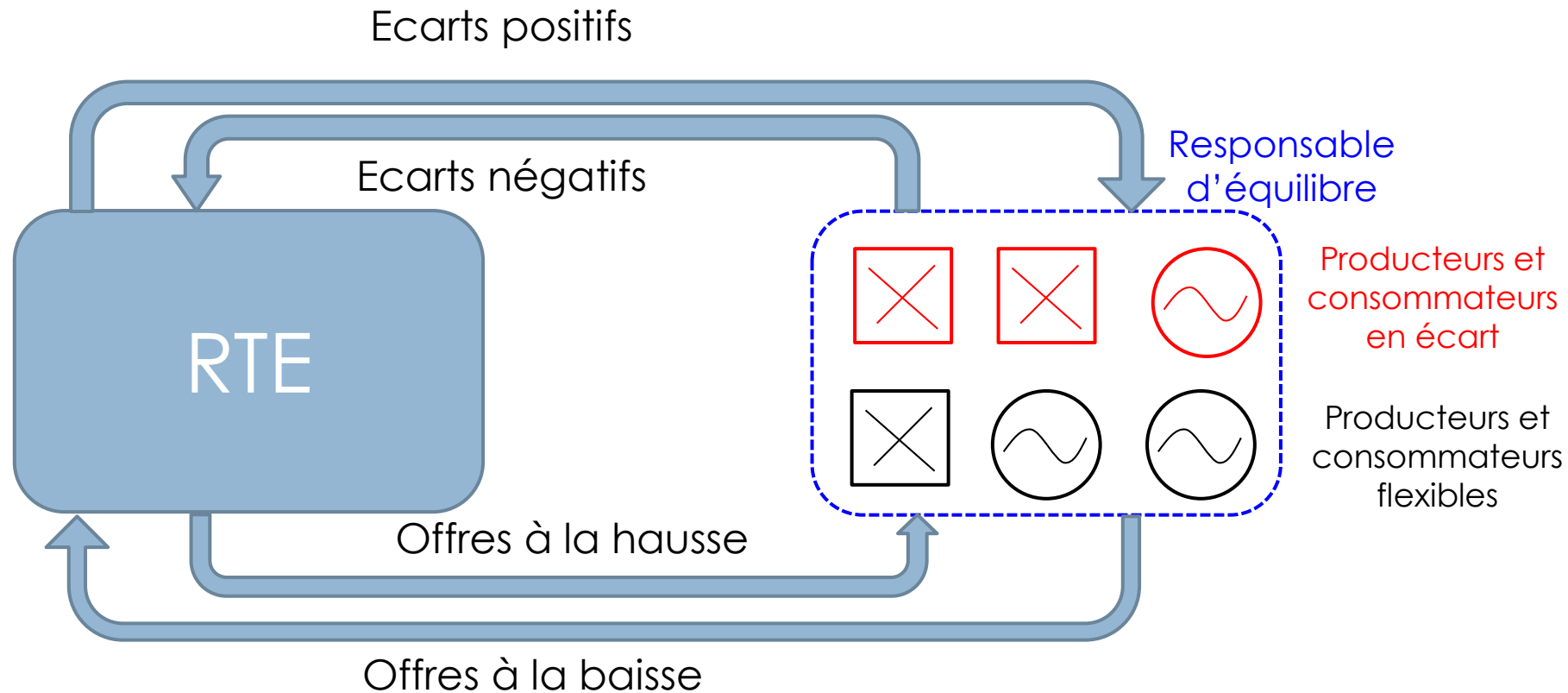
Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# Synthèse : le bilan financier du GRT

49

## Flux financiers



Introduction

Fonctionnement  
du MA

Le MA en  
France

Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

## KLAXOON (Quiz)

- <https://app.klaxoon.com/>
- Code d'accès : PPGFU5C

# Plan du cours

- **La séquence de marchés, la bourse journalière et le MA**
- **Quelques chiffres sur le MA français**
- **Le fonctionnement détaillé du MA**
- **Etude de cas (maquette Excel)**
- **Matériel supplémentaire**

# Introduction

52

- Objectif
  - ▣ Comprendre le fonctionnement de la séquence de marché d'électricité, notamment le fonctionnement du mécanisme d'ajustement et du règlement des écarts
- Méthode:
  - ▣ Maquette Excel + exemples numériques concrets
  - ▣ « Jouer » différents rôles dans la séquence de marché
    - Responsables d'équilibre (+ vendeur/acheteur sur EPEX + acteur d'ajustement)
    - Bourse d'électricité - EPEX
    - Gestionnaire de réseau – RTE
- Disclaimer: → simplification de la réalité !
  - ▣ *La maquette Excel, construite à des fins pédagogiques, intègre de nombreuses simplifications.*
  - ▣ *L'exemple étudié ici est purement hypothétique. Les données utilisées (coûts de production, portefeuille de chaque acteur, etc.) sont illustratives. Attention à l'extrapolation des résultats.*
  - ▣ *On suppose une concurrence pure et parfaite (pas de comportement stratégique des acteurs)*
  - ▣ **On considère un seul pas de temps → 1 heure (1 MWh ⇔ 1 MW)**
  - ▣ **Le seul aléa vient de la consommation (prévision de la consommation ≠ consommation mesurée)**

Introduction

Fonctionnement  
du MA

Le MA en  
France

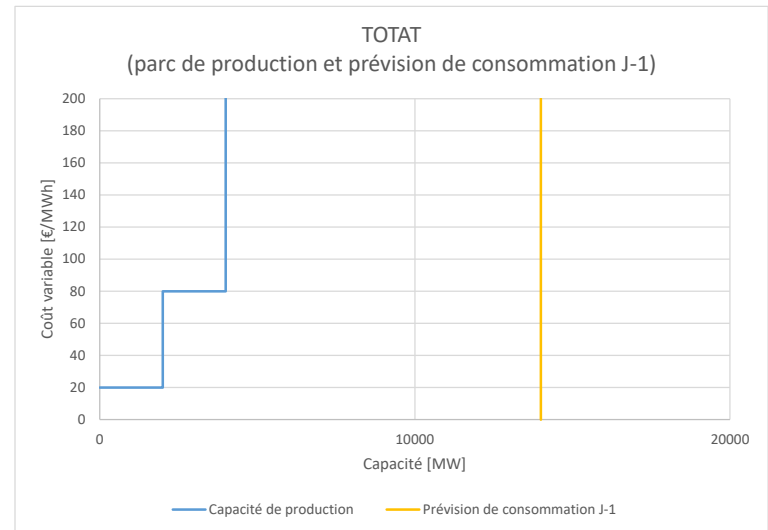
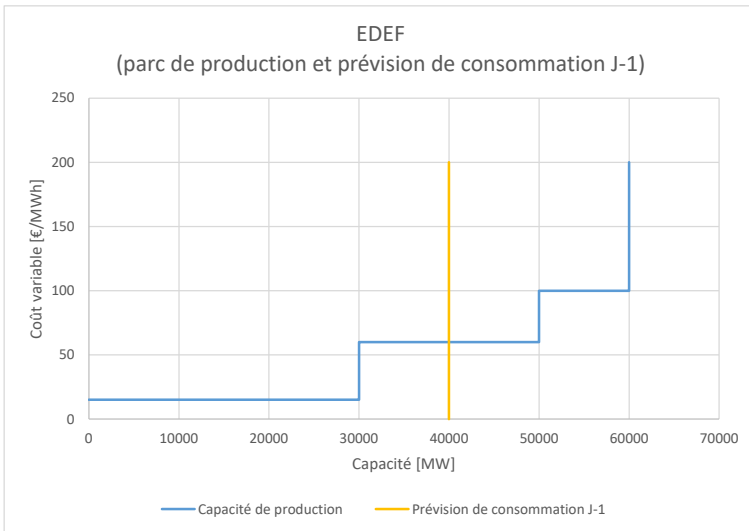
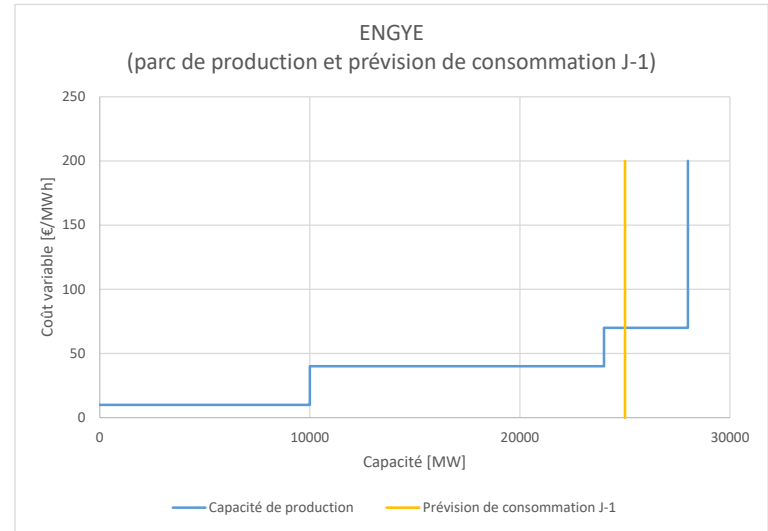
Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire



# Description générale (I)

- 3 acteurs de marché ou responsables d'équilibre (« EDEF », « ENGYE » et « TOTAT »)
  - Unités de production et engagement de consommation



# Description générale (II)

54

## Séquence de marchés

La maquette Excel permet de « simuler »

- Participation à la bourse d'électricité J-1 (EPEX)
- Fixing de la bourse EPEX
- Participation au mécanisme d'ajustement (offres d'ajustement)
- Mécanisme d'ajustement
- Règlements des écarts



Bourse EPEX  
(marché J-1)

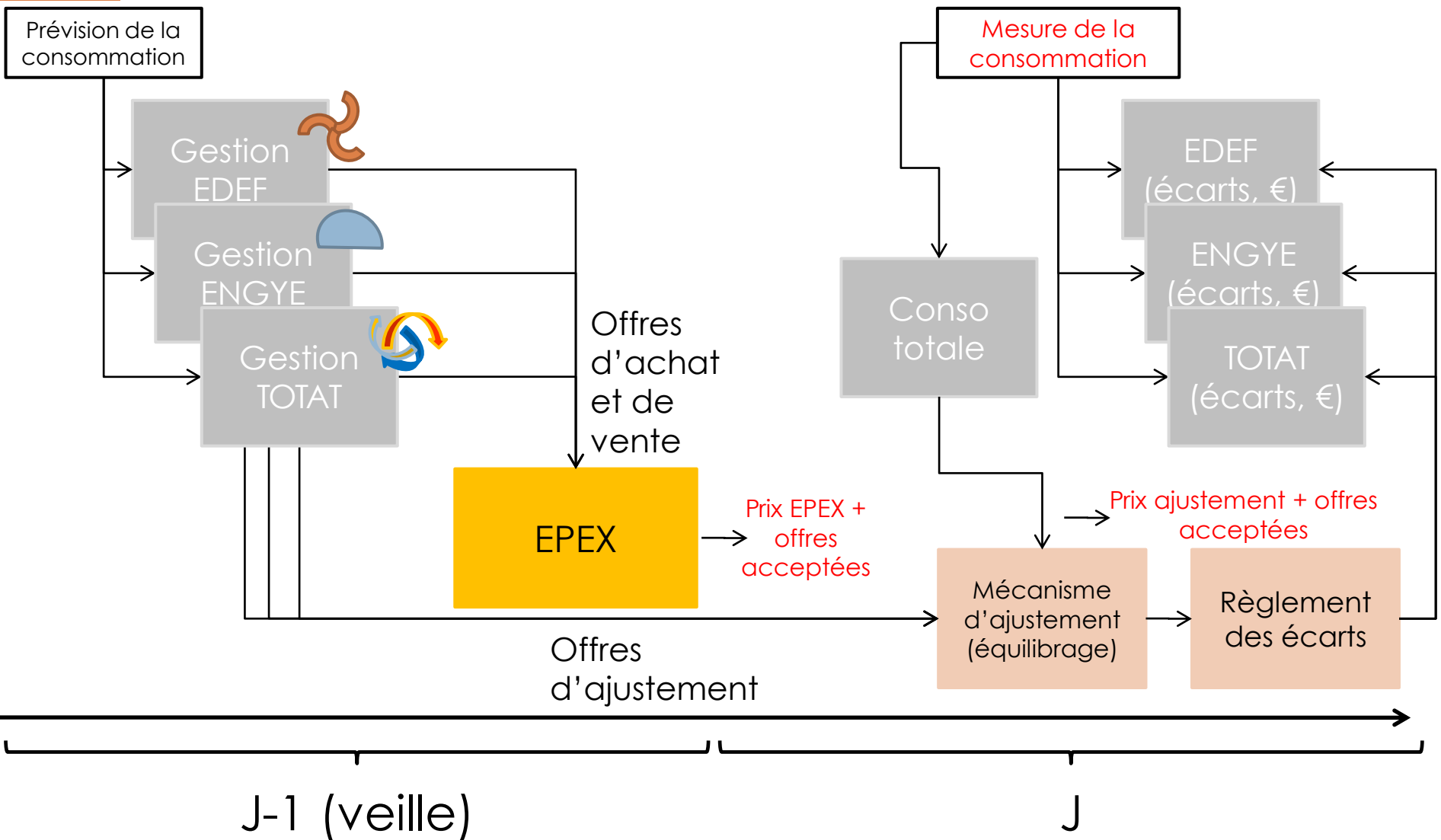
Mécanisme  
d'ajustement  
†  
(équilibre)

Règlement  
des écarts

J-1 (veille)

J

# Description générale (III)



# Etape 1 (J-1): prévision de consommation et offres sur la bourse EPEX

**Tableau de bord - ENGYE (acteur de marché / responsable d'équilibre)**

Consommation portefeuille clients ENGYE	
Prévision consommation en J-1 (MW)	25000

Prévision de la conso de chaque acteur

Gestion de la production ENGYE						
	Données du parc de production		Programme avant EPEX		Programme d'appel J-1 (après EPEX)	
	Pmax (MW)	Coût variable (€/MWh)	Puissance prog. par palier (MW)	P cumulée (MW)	Puissance prog. par palier (MW)	P cumulée (MW)
Palier ENGYE 1	10000	10	10000	10000	10000	10000
Palier ENGYE 2	14000	40	14000	24000	14000	24000
Palier ENGYE 3	4000	70	1000	25000	3000	27000

Merit order « interne » / aide à la décision pour construire les offres

Participation Marché EPEX						
Offres de vente		Offres d'achat		Résultats		
Energie offerte vente (MWh)	Prix offert vente (€/MWh)	Energie demandée achat (MWh)	Prix offert achat (€/MWh)	EPEX Energie vendue (MWh)	EPEX Energie achetée (MWh)	Prix EPEX (fixing) (€/MWh)
0	10	10000	10	0	0	70
0	40	14000	40	0	0	
3000	70	1000	70	2000	0	

A remplir – Offres sur la bourse EPEX

Participation au mécanisme d'ajustement			
Offres à la hausse		Offres à la baisse	
Puissance disponible à la hausse (MW)	Prix demandé à la hausse (€/MWh)	Puissance disponible à la baisse (MW)	Prix proposé à la baisse (€/MWh)
0	10	10000	10
0	40	14000	40
1000	70	3000	70

A remplir pour chaque acteur de marché

Gestion EDEF (J-1) | **Gestion ENGYE (J-1)** | Gestion TOTAT (J-1) | EPEXSPOT (J-1) | MA-RTE (J) | ECARTS-RTE (J) | E ...

# Etape 2 (J-1): bourse EPEXSPOT enchère / « fixing »

57

Offres de vente					Offres d'achat					
	Volume proposé (MWh)	Prix (€/MWh)	Volume accepté (MWh)	Fixing prix ? (€/MWh)		Volume proposé (MWh)	Prix (€/MWh)	Volume accepté (MWh)	Fixing prix ? (€/MWh)	
Offre vente EDEF 1	0	15	0		Offre achat EDEF 1	30000	15	0		
Offre vente EDEF 2	10000	60	10000		Offre achat EDEF 2	10000	60	0		
Offre vente EDEF 3	10000	100	0		Offre achat EDEF 3	0	100	0		
Offre vente ENGYE 1	0	10	0		Offre achat ENGYE 1	10000	10	0		
Offre vente ENGYE 2	0	40	0		Offre achat ENGYE 2	14000	40	0		
Offre vente ENGYE 3	3000	70	2000	70	Offre achat ENGYE 3	1000	70	0		
Offre vente TOTAT 1	0	20	0		Offre achat TOTAT 1	2000	20	0		
Offre vente TOTAT 2	0	80	0		Offre achat TOTAT 2	2000	80	2000		
Offre vente TOTAT 3	0	3000	0		Offre achat TOTAT 3	10000	3000	10000		
Total offres de vente acceptées			12000		Total offres d'achat acceptées			12000		

Fonction objectif EPEX	
"Gros surplus" offres d'achat	30160000
"Coû" offres de vente	740000
Surplus net	29420000
Contrainte d'équilibre	0

Prix fixing (€/MWh)	70
---------------------	----

Une fois que les trois acteurs de marché ont déposé leurs offres d'achat et de vente sur la Bourse, l'enchère/fixing peut avoir lieu (appuyer sur le bouton)

Introduction

Fonctionnement du MA

Le MA en France

Etude de cas (Excel)

Matériel supplémentaire

# Etape 3 (J-1) : offres d'ajustement

Tableau de bord - ENGYE (acteur de marché / responsable d'équilibre)																	
<b>Consommation portefeuille clients ENGYE</b>																	
Prévision consommation en J-1 (MW)	25000																
<b>Gestion de la production ENGYE</b>							<b>Participation Marché EPEX</b>						<b>Participation au mécanisme d'ajustement</b>				
Données du parc de production		Programme avant EPEX		Programme d'appel J-1 (après EPEX)			Offres de vente		Offres d'achat		Résultats			Offres à la hausse		Offres à la baisse	
Pmax (MW) palier	Coût variable (€/MWh)	Puissance prog. par palier (MW)	P cumulée (MW)	Puissance prog. par palier (MW)	P cumulée (MW)	Energie offerte vente MWh	Prix offert vente (€/MWh)	Energie demandée achat (MWh)	Prix offert achat (€/MWh)	EPEX Energie vendue (MWh)	EPEX Energie achetée (MWh)	Prix EPEX (fixing) (€/MWh)	Puissance disponible à la hausse (MW)	Prix demandé à la hausse (€/MWh)	Puissance disponible à la baisse (MW)	Prix proposé à la baisse (€/MWh)	
Palier ENGYE 1	10000	10	10000	10000	10000	0	10	10000	10	0	0		0	10	10000	10	
Palier ENGYE 2	14000	40	14000	24000	14000	0	40	14000	40	0	0	70	0	40	14000	40	
Palier ENGYE 3	4000	70	1000	25000	3000	3000	70	1000	70	2000	0		1000	70	3000	70	

Gestion ENGYE (J-1)

résultat EPEX (chaque acteur apprend combien il a acheté ou vendu)

Offres sur le mécanisme d'ajustement - A remplir (une fois le résultat EPEX établi)

A remplir pour chaque acteur de marché

# Etape 4 (J): RTE/MA - ajustement

C1 Interne

Tableau de bord RTE (J)									
Vue du système en J-1				Consommation France en J			Vue du système en J		
	Prévision de conso (J-1)	Prévision de prod. (J-1)				Conso (J)	Prod. (J) après ajustement		
EDEF	40000	50000		75000		EDEF	Mesures pas encore disponibles	49000	
ENGYE	25000	27000				ENGYE		24000	
TOTAT	14000	2000				TOTAT		2000	
France	79000	79000				France	75000	75000	

Près du temps réel, RTE a une bonne estimation de la consommation totale en France

Mécanisme d'ajustement RTE (activation des offres d'ajustement)									
Offres d'ajustement à la hausse				Deséquilibre du système		Offres d'ajustement à la baisse			
	Puissance proposée (MW)	Prix (€/MWh)	Volume activé à la hausse (MW)				Puissance proposée (MW)	Prix (€/MWh)	Volume activé à la baisse (MW)
Offre EDEF 1	0	15		0		Offre EDEF 1	30000	15	
Offre EDEF 2	0	60		Système équilibré		Offre EDEF 2	20000	60	
Offre EDEF 3	10000	100		Tendance du système		Offre EDEF 3	0	100	
Offre ENGYE 1	0	10		tendance à la baisse		Offre ENGYE 1	10000	10	
Offre ENGYE 2	0	40		Coût de l'ajustement (€)		Offre ENGYE 2	14000	40	
Offre ENGYE 3	1000	70	0	-270000		Offre ENGYE 3	3000	70	
Offre TOTAT 1	0	20				Offre TOTAT 1	2000	20	
Offre TOTAT 2	2000	80	0			Offre TOTAT 2	0	80	
Offre TOTAT 3	10000	3000				Offre TOTAT 3	0	3000	

Si la consommation est différente à celle prévue par les acteurs de marché, alors il faut rééquilibrer le système. RTE « active » des offres à la hausse ou à la baisse en fonction du sens du déséquilibre

# Etape 5 (J): calcul du prix des écarts

En partant des offres d'ajustement activées (prix et volumes), la formule de calcul est appliquée pour calculer les prix des écarts

Calcul du prix des écarts		
Coefficient k	0,05	
Prix moyen pondéré à la hausse	#DIV/0!	
Prix moyen pondéré à la baisse	#DIV/0!	
Tendance	tendance à la hausse	
Prix des écarts positifs (€/MWh)	#DIV/0!	
Prix des écarts négatifs (€/MWh)	#DIV/0!	

	Tendance du système électrique français à la hausse et PMPH positif ou nul	Tendance du système électrique français à la baisse et PMPB positif ou nul
Ecarts positifs	$PMPH \cdot (1-k)$ Nota 1	$PMPB \cdot (1-k)$
Ecarts négatifs	$PMPH \cdot (1+k)$	$PMPB \cdot (1+k)$ Nota 2



# Etape 6 (J+X): RTE/MA – calcul des écarts et règlement des écarts

61

C1 Interne

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<b>Bilan consommation</b>									
	Prévision de consommation (J-1)	Mesures de consommation portefeuilles (J)							
EDEF	40000	38000							
ENGYE	25000	22500							
TOTAT	14000	14500							
Demande France	79000	75000							
<b>Calcul des écarts</b>									
	Production (J) (MWh)	Achats EPEXSPOT (MWh)	Correction offres à la hausse (MWh)	Conso (J) (MWh)	Ventes EPEXSPOT (MWh)	Correction offres à la baisse (MWh)	<b>Ecart (MWh)</b>	<b>Type d'ecart</b>	<b>Prix des écarts (€/MWh)</b>
EDEF	49000	0	0	38000	10000	-1000	2000	écart positif	64,1
ENGYE	24000	0	0	22500	2000	-3000	2500	écart positif	64,1
TOTAT	2000	12000	0	14500	0	0	-500	écart négatif	70,9

Après le temps réel on connaît les mesures de consommation de chaque acteur de marché

On peut donc calculer les écarts et appliquer les prix des écarts correspondant

ECARTS-RTE (J)

Introduction

Fonctionnement du MA

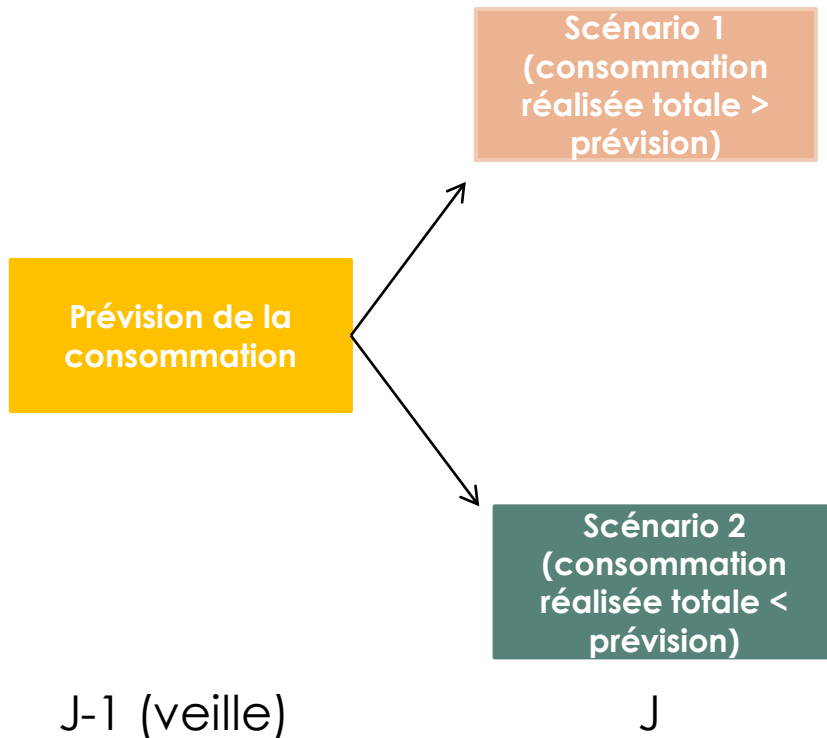
Le MA en France

Etude de cas (Excel)

Matériel supplémentaire

# Données / scénarios de consommation

62



Périmètre	Prévision de la conso (J-1)	Conso mesurée Scénario 1 (MW)	Conso mesurée Scénario 2 (MW)
Consommation totale France	79000	82500	75000
EDEF	40000	44000	38000
ENGYE	25000	25500	22500
TOTAT	14000	13000	14500

# Offres sur la bourse EPEX

63

## □ EDEF

Offres de vente		Offres d'achat	
Energie offerte vente MWh	Prix offert vente (€/MWh)	Energie demandée achat (MWh)	Prix offert achat (€/MWh)
0	15	30000	15
10000	60	10000	60
10000	100	0	100

## □ TOTAT

Offres de vente		Offres d'achat	
Energie offerte vente MWh	Prix offert vente (€/MWh)	Energie demandée achat (MWh)	Prix offert achat (€/MWh)
0	20	2000	20
0	80	2000	80
0	3000	10000	3000

## □ ENGYE

Offres de vente		Offres d'achat	
Energie offerte vente MWh	Prix offert vente (€/MWh)	Energie demandée achat (MWh)	Prix offert achat (€/MWh)
0	10	10000	10
0	40	14000	40
3000	70	1000	70

Introduction

Fonctionnement du MA

Le MA en France

Etude de cas (Excel)

Matériel supplémentaire

# Offres d'ajustement (RTE/MA)

64

## □ EDEF

Offres à la hausse		Offres à la baisse	
Puissance disponible à la hausse (MW)	Prix demandé à la hausse (€/MWh)	Puissance disponible à la baisse (MW)	Prix proposé à la baisse (€/MWh)
0	15	30000	15
0	60	20000	60
10000	100	0	100

## □ TOTAT

Offres à la hausse		Offres à la baisse	
Puissance disponible à la hausse (MW)	Prix demandé à la hausse (€/MWh)	Puissance disponible à la baisse (MW)	Prix proposé à la baisse (€/MWh)
0	20	2000	20
2000	80	0	80
10000	3000	0	3000

## □ ENGYE

Offres à la hausse		Offres à la baisse	
Puissance disponible à la hausse (MW)	Prix demandé à la hausse (€/MWh)	Puissance disponible à la baisse (MW)	Prix proposé à la baisse (€/MWh)
0	10	10000	10
0	40	14000	40
1000	70	3000	70

Introduction

Fonctionnement du MA

Le MA en France

Etude de cas (Excel)

Matériel supplémentaire

# Règles MA

65

	Tendance d'ajustement à la baisse	Tendance d'ajustement à la hausse
Ecart négatif (déficit) Le RE rémunère RTE	$PMB * (1+k)$	$PMH * (1+k)$
Ecart positif (surplus) RTE rémunère le RE	$PMB * (1-k)$	$PMH * (1-k)$

PMH = prix moyen pondéré des offres acceptées à la hausse

PMB = prix moyen pondéré des offres acceptées à la baisse

k = coefficient de pénalité

□ Coefficient de pénalité  $k=0,05$

Introduction

Fonctionnement  
du MA

Le MA en  
France

Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# Exercice (récapitulatif)

66

- Les données de consommation (prévision, scénarios, offres etc.) sont rappelées dans la feuille « données »
- Pour chaque acteur de marché/RE
  - Indiquer le niveau de prévision de la consommation (feuilles « gestion J-1 »)
  - Faire des offres sur la bourse EPEX (feuilles « gestion J-1 »)
- Réaliser le fixing de la bourse EPEX (feuille « EPEXSPOT »)
- Pour chaque acteur de marché/RE
  - Faire des offres d'ajustement (feuilles « gestion J-1 »)
- Pour chaque scénario de consommation (mesurée)
  - Renseigner le niveau de consommation mesurée périmètre France (feuille « MA-RTE »)
  - Réaliser l'ajustement du système (feuille « MA-RTE »)
    - Ajustement à la hausse: choisir les offres pour équilibrer le système à moindre coût
    - Ajustement à la baisse: choisir les offres pour équilibrer le système en maximisant le revenu
    - → les prix des écarts sont calculés de manière automatique
  - Renseigner le niveau de consommation mesurée pour chaque responsable d'équilibre (feuille « Ecart-RTE »)
    - → les écarts de chaque responsable d'équilibres sont calculés de manière automatique
  - En utilisant les différents résultats, réaliser le bilan financier du gestionnaire du réseau (y compris les offres acceptées dans le MA) (feuille « Bilan financier RTE »)
- Analyser et commenter les résultats

Introduction

Fonctionnement  
du MA

Le MA en  
France

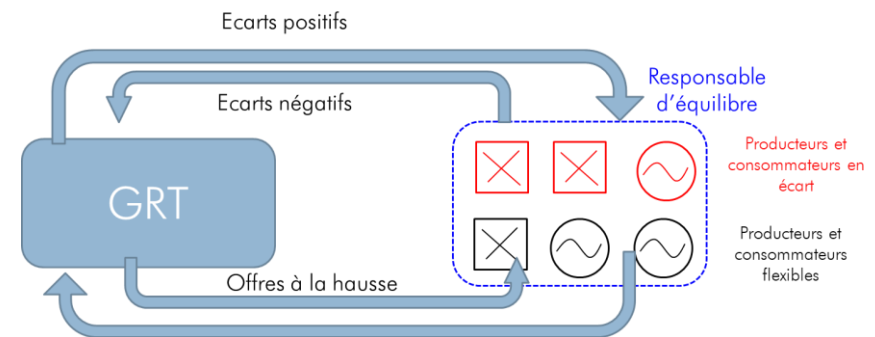
Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire

# Tableau à remplir (bilan financier MA-RTE)

67

			Scénarios de consommation			
			conso 1	conso 2		
Ecart	Ecart (MWh)	EDEF			Données à rapporter des autres feuilles	
		ENGYE				
		TOTAT				
	Prix des écarts (€/MWh)	EDEF				
		ENGYE				
		TOTAT				
Ajustements	Volume d'offres à la hausse acceptées (MWh)	EDEF				
		ENGYE				
		TOTAT				
	Volume d'offres à la baisse acceptées (MWh)	EDEF				
		ENGYE				
		TOTAT				
	Prix d'offres à la hausse acceptées (€/MWh)	EDEF				
		ENGYE				
		TOTAT				
	Prix d'offres à la baisse acceptées (€/MWh)	EDEF				
		ENGYE				
		TOTAT				
Bilan financier RTE	Flux financiers de RTE - Règlement des écarts (€)	EDEF			Convention des signes pour les flux financiers : chiffres positifs quand RE paie RTE et chiffres négatifs quand RTE paie RE	
		ENGYE				
		TOTAT				
		Total Ecart				
	Flux financiers de RTE - Offres d'ajustement (€)	EDEF				
		ENGYE				
		TOTAT				
		Total Ajust				
	Bilan financier final (Ajustements + Ecart) Gain (valeur positive) ou perte (valeur négative) pour RTE					



Introduction

Fonctionnement du MA

Le MA en France

Etude de cas (Excel)

Matériel supplémentaire

Questions?





# Plan du cours

- La séquence de marchés, la bourse journalière et le MA
- Quelques chiffres sur le MA français
- Le fonctionnement détaillé du MA
- Etude de cas (maquette Excel)
- Matériel supplémentaire

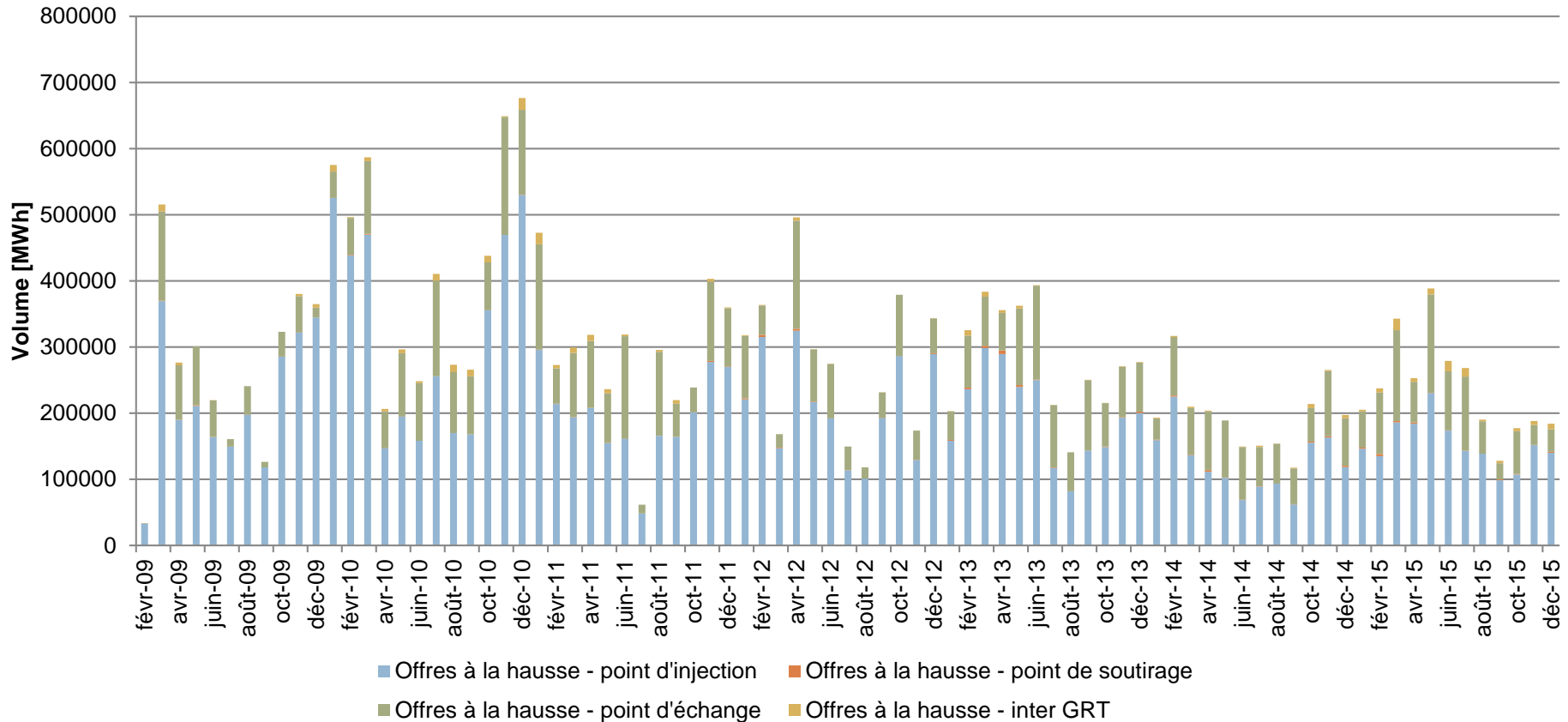
# Le MA et les réserves

70

- **Réserves (ou moyens contractualisés)** : réservation des capacités de production ou d'effacement (i.e., option à produire ou à ne pas consommer)
  - Types de réserves (selon la flexibilité)
    - Réserves primaires (< 1 minutes)
    - Réserves secondaires (< 5 minutes)
    - Réserves tertiaire (~ 15 minutes ou plus)
  - Les réserves sont généralement contractualisées ex ante par le GRT (elles permettent au GRT d'assurer un minimum de moyens disponibles pour équilibrer le système en temps réel)
  - Les capacités réservées ne peuvent pas être vendues/activées sur les marchés d'énergie (sauf sur demande du GRT)
  - Rémunération de la disponibilité: €/MW.h (puis rémunération de l'énergie produite si elles sont sollicitées)

## Volume d'ajustement à la hausse (types d'offres)

71



Source: RTE

Introduction

Fonctionnement du MA

Le MA en France

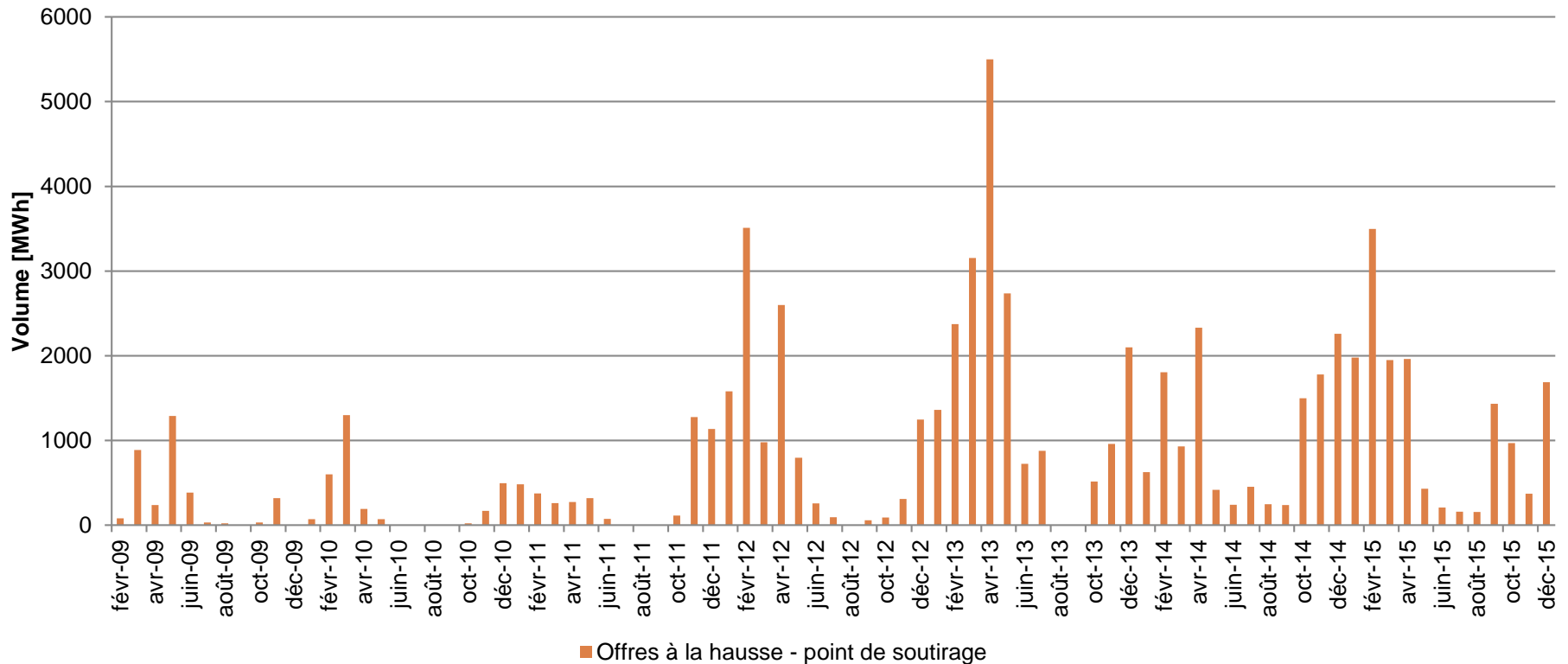
Étude de cas (Excel)

Matériel supplémentaire

# Volume d'ajustement à la hausse (effacements)

72

## Offres à la hausse - point de soutirage (effacements)



Source: RTE

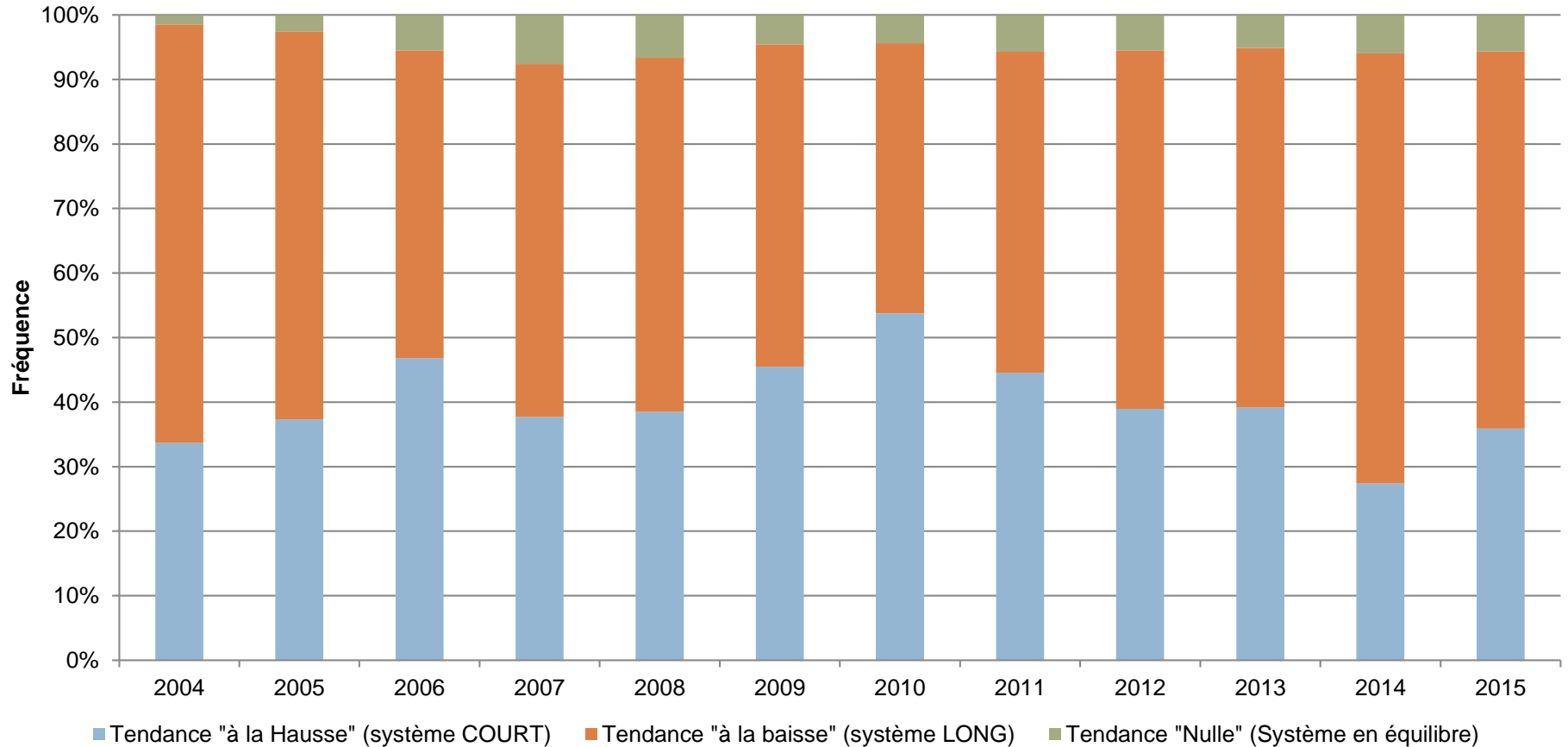
Introduction

Fonctionnement  
du MALe MA en  
FranceEtude de cas  
(Excel)Matériel  
supplémentaire

# France

## Tendance d'ajustement

73



Source: RTE

Introduction

Fonctionnement  
du MA

Le MA en  
France

Etude de cas  
(Excel)

Matériel  
supplémentaire