



Présentation de Powernext®

Jean-Pierre Goux, Powernext, France
Vice President - Energy Derivatives & Gas Products

Dauphine – 11 décembre 2006



Plan de la présentation

■ Les marchés de Powernext

- Powernext Day-Ahead® (avant le couplage de marché)
- Powernext Futures®
- Powernext Carbon

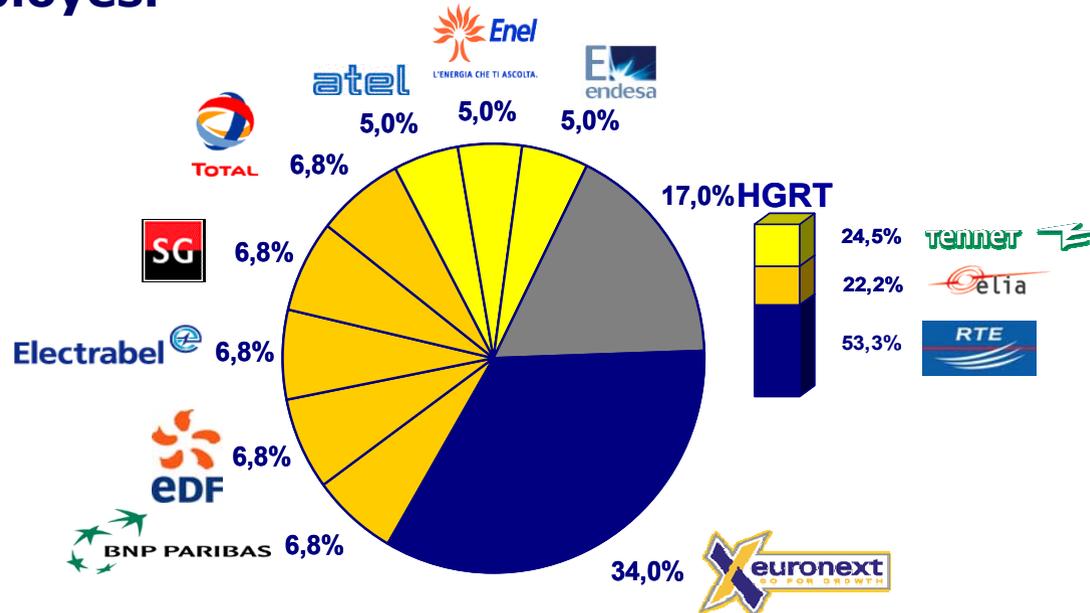
■ Tarif de retour

■ Détermination des Prix Day-Ahead et couplage de marchés

■ Prochaines étapes

Powernext

- Société privée (SA) fondée en juillet 2001 (capital 11M€).
- Bourse de matières premières proposant aujourd'hui des plateformes électroniques de négociation sur l'électricité (livraison sur le réseau français) et les permis d'émission de CO2.
- Régulée par la CRE et l'AMF.
- 40 employés.



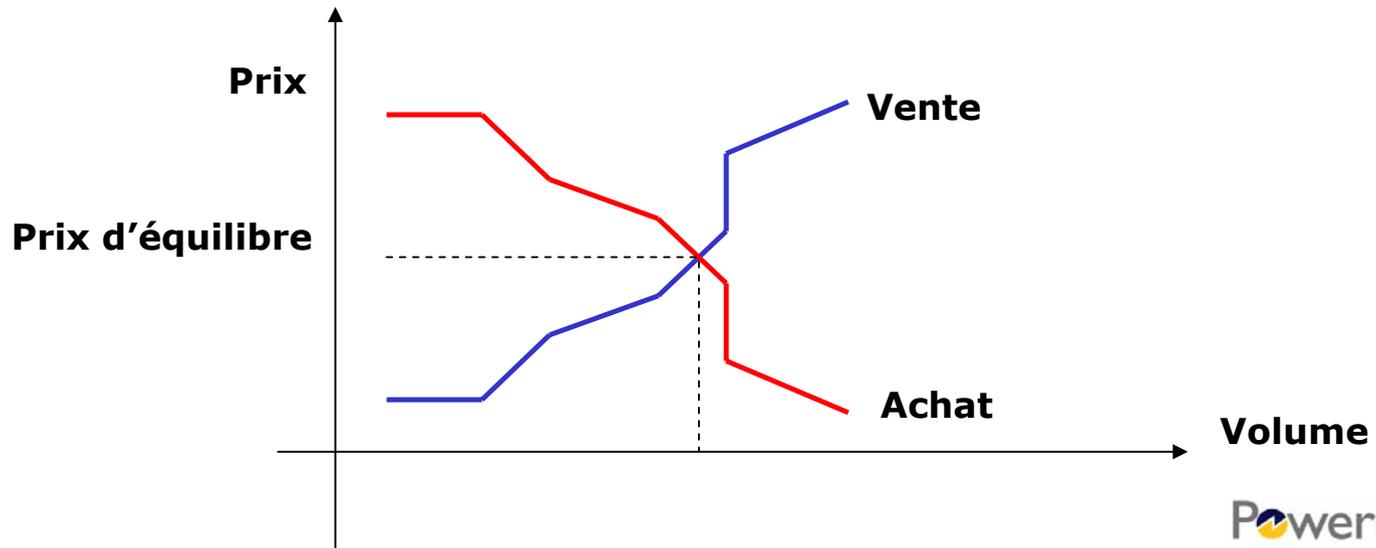
Powernext Day-Ahead®

- Le marché **Powernext Day-Ahead®** détermine les prix de l'électricité pour les 24 heures du lendemain ainsi que les quantités achetées/vendues par les participants à ce prix d'équilibre.
- Le marché a été lancé en novembre 2001 (au cœur de la crise **ENRON...**).
- **53 sociétés européennes actives** (producteurs électriques, pétroliers et banques)
- Les participants doivent envoyer les courbes d'offres et de demande chaque jour avant **11:00 AM**.

Détermination des prix Day-Ahead

Prix sans blocs – représentation graphique

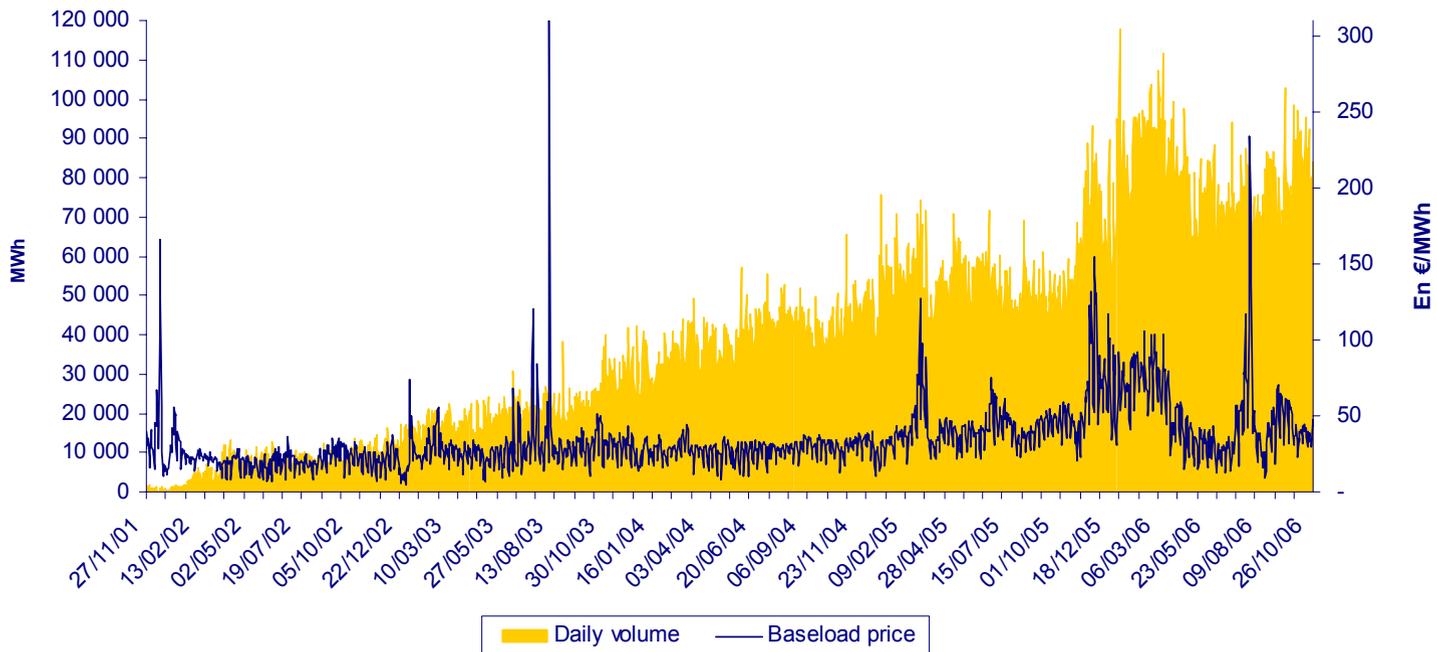
- Les ordres horaires (achat et vente) prennent la forme de courbes linéaires par morceaux pour chaque participant
- Sur d'autres marchés (NL, BE), les courbes sont en escalier
- Pour chaque prix (entre 0.01€ et 3000€), le participant indique les quantités à acheter/vendre
- Ces courbes sont agrégées en une courbe d'achat et de vente
- A 11:00 , le système détermine l'équilibre économique à l'intersection de ces courbes



Powernext® Day-Ahead

Historique des prix et des volumes

Powernext Day-Ahead™: daily volume and baseload price



Powernext® Futures

Description des produits

- **Lancement en Juin 2004**
- **Powernext Futures® permet la négociation continue de rubans d'électricité à livrer sur le réseau français de différentes durées**
- **20 produits : 3 mois, 4 trimestres, 3 années (Base et Pointe)**



- **Les contrats sont à livraison physique**
- **2 animateurs de marché (EDF Trading & Electrabel)**
- **Powernext Futures® est utilisé pour l'approvisionnement, la couverture ou bien l'arbitrage (temporel et spatial)**



Powernext® Futures

Plateforme de négociation : GlobalVision (Trayport,UK)

Global Vision 8 - PWX_TRAD_FUTURES.vwb

File Edit View Format Tools Help

! WITHDRAW ALL ! ! WITHDRAW ME !

Arial 11 B I U

Powernext

French Electricity Futures Market STATUS Connected
 TRADER GHOU, GHOU-T1

BASELOAD INSTRUMENTS					REAL TIME INFO						
BL - MONTHS					RTI						
EFB MFE 2004 03	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry			30,00	50	33,50	5	23/02/2004 14:47:31	0,50	Given	↑	0
EFB MFE 2004 04	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	40	27,00	28,00	50	27,00	10	24/02/2004 14:03:34	N/A	Given	↔	10
EFB MFE 2004 05	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	10	27,00	28,00	50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
BL - QUARTERS					RTI						
EFB OFE 2004 02	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	50	28,00	29,00	50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EFB OFE 2004 03	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	50	29,00	30,00	50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EFB OFE 2004 04	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	50	31,00	32,00	50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EFB OFE 2005 01	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	50	33,00	34,00	50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
BL - CALENDARS					RTI						
EFB CFE 2005	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	50	30,00	31,00	50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EFB CFE 2006	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	50	32,00	33,00	50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
PEAKLOAD INSTRUMENTS					REAL TIME INFO						
PL - MONTHS					RTI						
EFB MFE 2004 03	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	50	34,00	35,00	50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EFB MFE 2004 04	Qty	Bid	Ask	Qty	Last	Qty	Time last	Chg	Move	Dir	Daily Total Qty
Allow order entry	50	35,00	36,00	50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

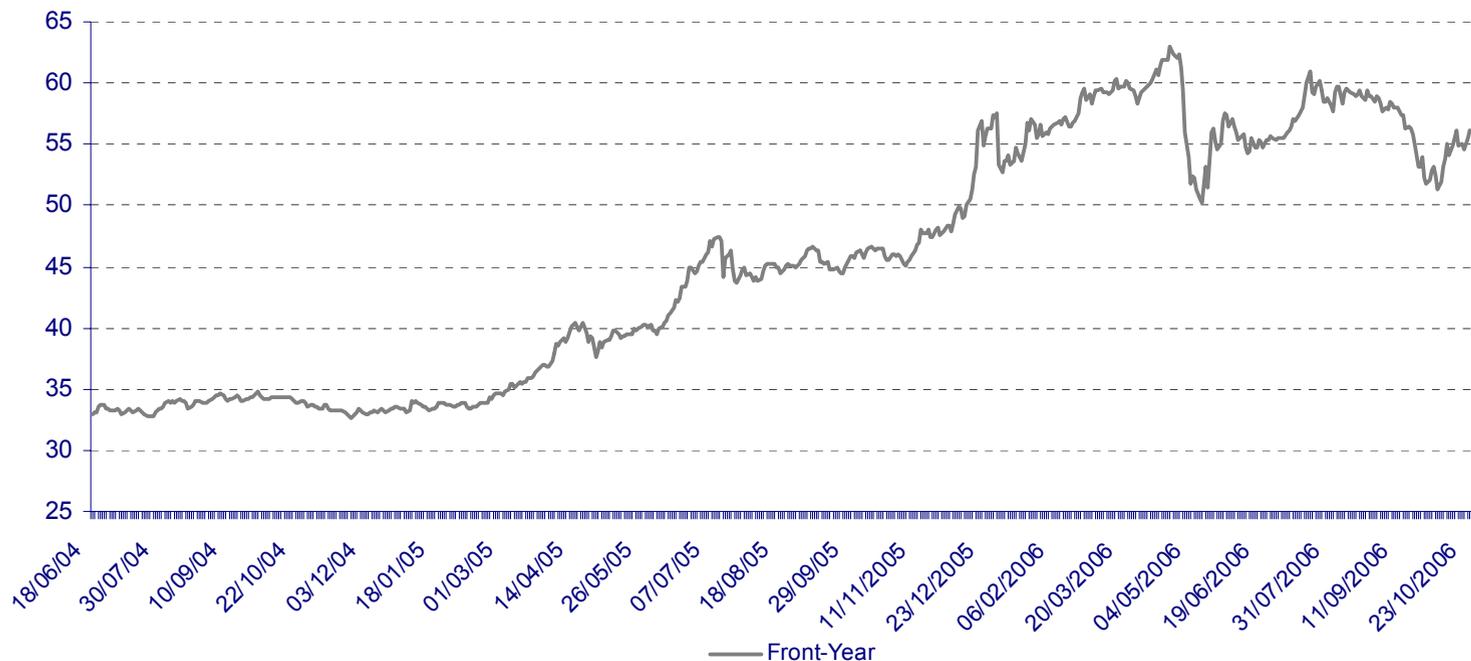
Ready NUM

Powernext® Futures™

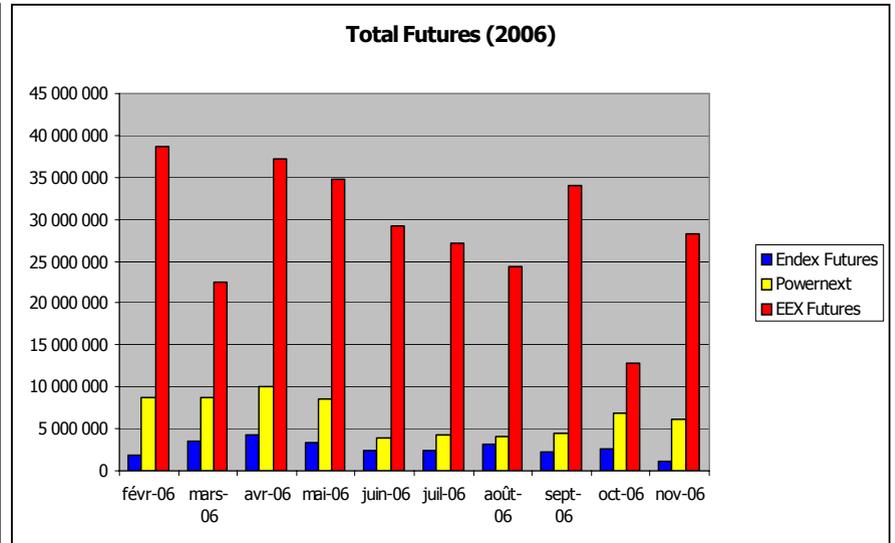
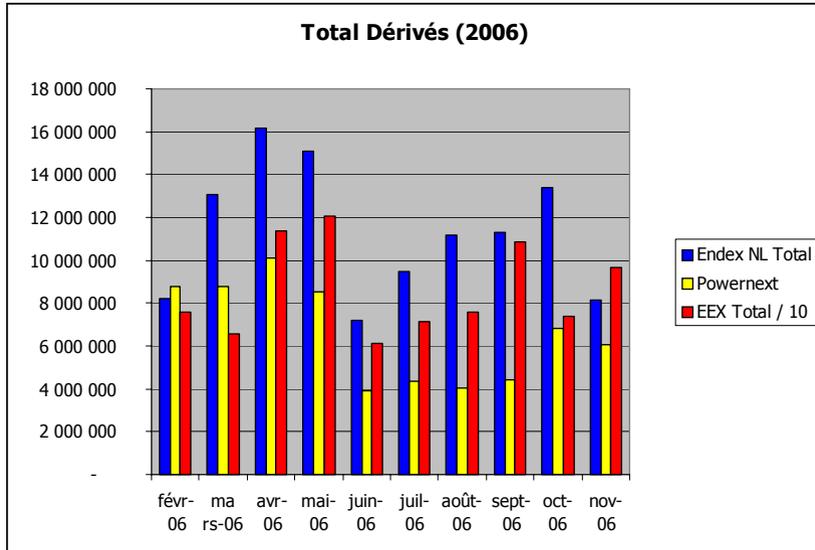
Evolution des prix (année Y+1)

■ Sur l'année 2006, environ 85 TWh seront négociés (20% conso)

Daily settlement price of the up-coming delivery period in €/MWh during the last six months



Comparaison des volumes avec EEX et ENDEX (2006)

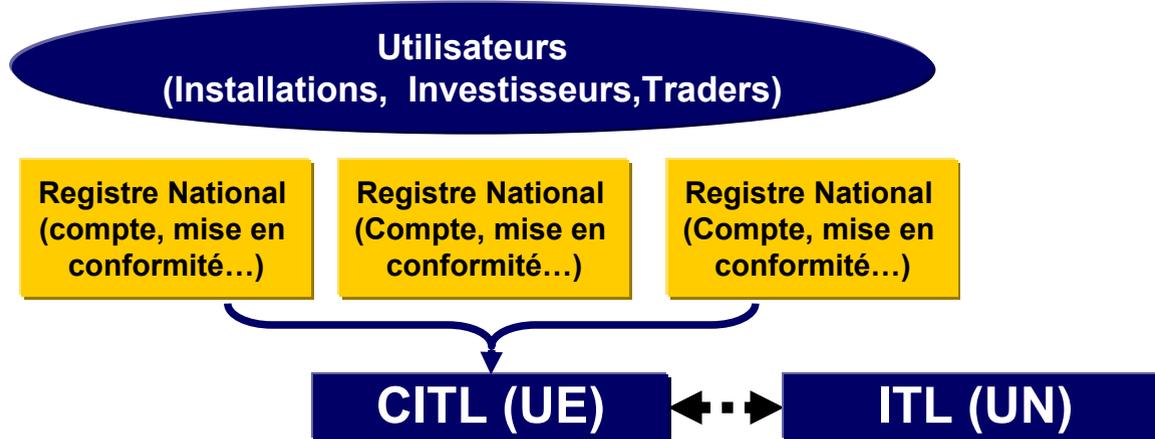


Powernext® Carbon

Contexte

■ Cadre législatif

- La directive 2003/87/EC établit un schéma européen de négociation des permis d'émission de gaz à effet de serre (1ère période 2005-2007)
- Chaque Etat Membre doit établir un Plan National d'Allocation de Quotats (PNAQ) et un Registre sécurisé (connecté au CITL)

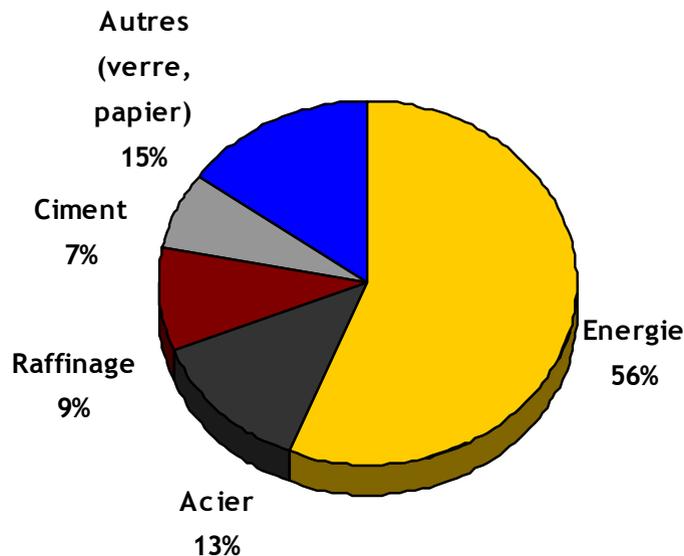


- Un permis d'émission de CO₂ est un bien immatériel (instrument non financier). Les Futures sur le CO₂ sont des instruments financiers.

Contexte

■ Principales données pour EU 25

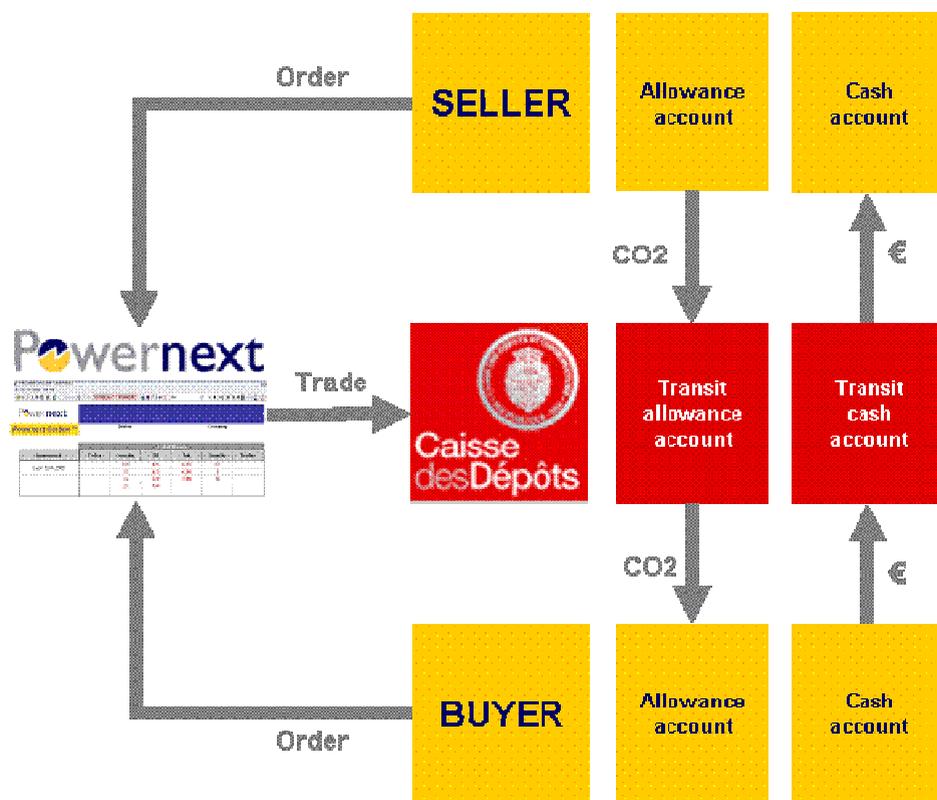
- 12 000 installations
- Taille du marché : 2 100 M tons d'équivalent CO₂
- Le secteur de l'énergie représente 56% des installations couvertes par la directive : opportunité naturelle pour Powernext et les autres bourses de l'électricité (EEX, NordPool, APX, ICE...)



Powernext® Carbon

Modèle de marché

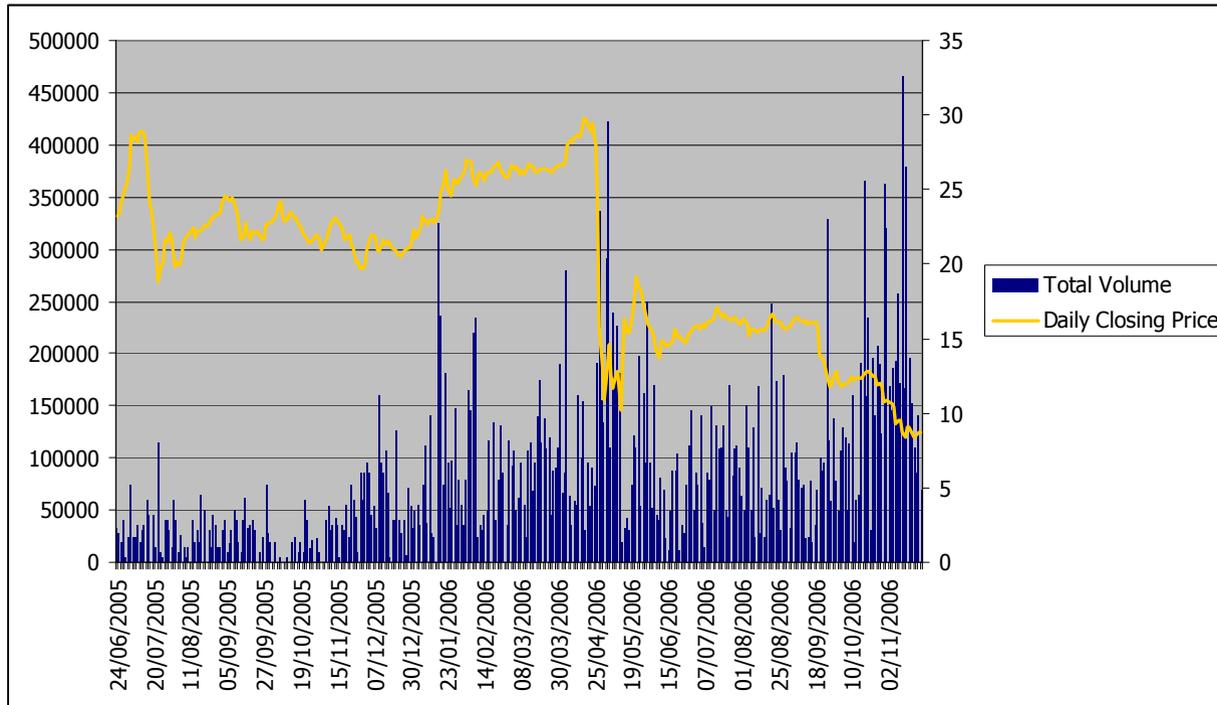
- Plateforme de négociation continue sur EUA (1 produit)
- 1 animateur de marché (Electrabel)



Powernext® Carbon

Historique des prix et des volumes

- Lancement en juin 2005 en partenariat avec la Caisse des Dépôts et Euronext.
- Alliance avec European Climate Exchange (ECX/ICE Futures)
- N°1 des marchés Spot Européen sur le CO2



Plan de la présentation

■ Les marchés de Powernext

- Powernext® Day-Ahead (avant le couplage de marché)

- Powernext® Futures

- Powernext® Carbon

■ Tarif de retour

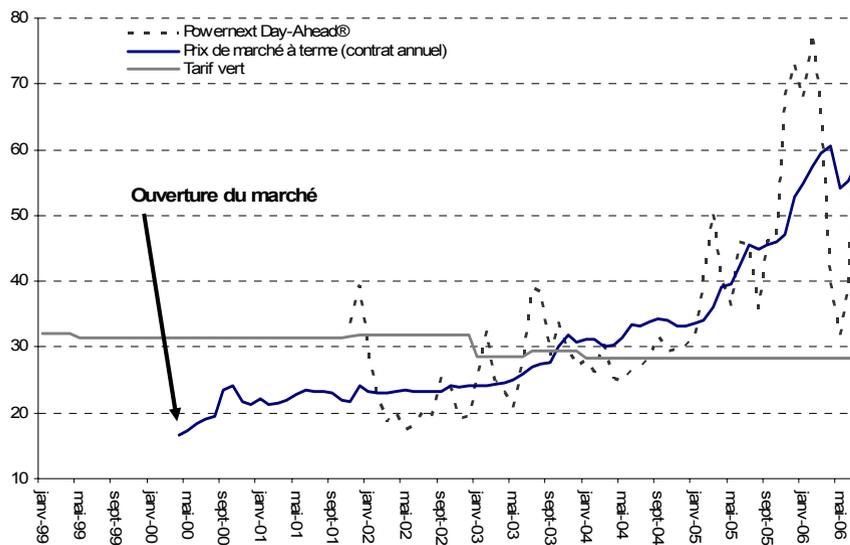
■ Détermination des Prix Day-Ahead et couplage de marchés

■ Prochaines étapes

Tarif de retour

Contexte

- La France n'est pas complètement libéralisée, les tarifs et les prix de marché coexistent
- La décision d'abandonner le tarif réglementé est irréversible
- La différence entre les tarifs et les prix de marché s'est accrue (source Rapin/Vassilopoulos – Revue de l'Energie - Décembre 2006)



Source : CRE, Powernext SA, Platts (2006)

Tarif de retour

Contexte

- Les industriels qui ont quitté le tarif se sont plaints de plus en plus
- Difficulté pour les consommateurs de comprendre l'explication derrière des prix de marché élevés dans un pays majoritairement "nucléaire"
- ... Menaces de licenciements et de délocalisation
- Réaction n°1 ... Consortium Exeltium
- Réaction n°2 ... Instauration d'un Tarif Réglementé Transitoire d'Ajustement au Marché (TRTAM ou "Tarif de Retour")
- Réaction n°3... Généralisation à d'autres pays européens ?

Plan de la présentation

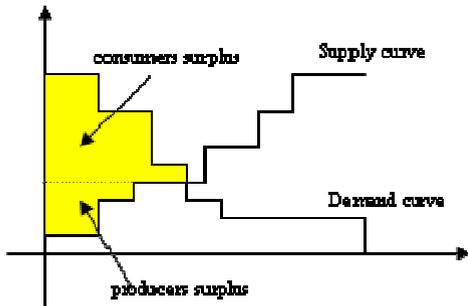
- **Les marchés de Powernext**
 - **Powernext Day-Ahead® (avant le couplage de marché)**
 - **Powernext Futures®**
 - **Powernext Carbon**
- **Tarif de retour**
- **Détermination des Prix Day-Ahead et couplage de marchés**
- **Prochaines étapes**

Détermination des prix Day-Ahead

Prix sans blocs – Programmation quadratique

- Les prix peuvent être obtenus en maximisant la surface entre les courbes d'achat/vente

Price



Formulation Programmation Linéaire

Fonction objectif (maximisation du surplus social net)

$$\sum_{h \in H} \left(\sum_{n=1}^{N_D(h)} \lambda_{Dn}(h) \cdot p_{Dn}(h) - \sum_{n=1}^{N_G(h)} \lambda_{Gn}(h) \cdot p_{Gn}(h) \right)$$

Contrainte d'équilibre (équilibre achat/vente)

$$\sum_{n=1}^{N_G(h)} p_{Gn}(h) = \sum_{n=1}^{N_D(h)} p_{Dn}(h),$$

Contraintes de borne

$$0 \leq p_{Gn}(h) \leq P_{Gn}^{max}(h), \quad 0 \leq p_{Dn}(h) \leq P_{Dn}^{max}(h),$$

- Avec des courbes linéaires par morceaux, programmation quadratique avec plusieurs dizaines de milliers de variables par heure
- Les prix sont les variables duales des contraintes d'équilibre
- Les gagnants sont déterminés aisément : achat en dessous et vente au dessus
- La solution « graphique » est plus rapide et il est plus simple de spécifier les cas spéciaux (curtalement, overlap...)

Détermination des prix Day-Ahead

Prix avec blocs – Enchère combinatoire

- Les membres peuvent soumettre des ordres blocs (série d'heures)
- Grande variété d'ordres blocs offerts: **simple, linked, flexible et profile**
- L'acceptation des ordres blocs simples est basée sur la moyenne des prix sur les heures concernées
- L'enchère est donc une **enchère combinatoire**

- Les enchères combinatoires ont été étudiées (cf *Combinatorial Auctions*, MIT Press, 2006, Peter Cramton, Yoav Shoham, and Richard Steinberg (editors))
- 2 spécificités sont particulièrement critiques pour notre cas
 - Le calcul de l'équilibre peut-être couteux en temps
 - La détermination du gagnant peut-être difficile/impossible

- La littérature pour l'allocation des fréquences est abondante
- Aucune littérature sur l'application au cas électrique
- Connaissance théorique du domaine limitée

Détermination des prix Day-Ahead

Prix avec blocs – Problème du sac à dos



Objet	Valeur	Taille	Valeur unitaire
Objet 1	100 €	2 unités	50€/u
Objet 2	70 €	2 unités	35€/u
Objet 3	160 €	4 unités	40€/u

- Le sac à dos peut contenir jusqu'à 5 unités
- Solution optimale : $(1, 1, 0)$. Butin optimal = 170€
- Un objet plus cher que 35€/u a été laissé
- L'ensemble optimal n'est pas compatible avec un critère de "prix"
- Solution optimale vérifiant un critère de prix: $(1, 0, 0)$ and 100€
- L'équilibre économique est dégradé par cette contrainte additionnelle
- Heureusement, le voleur n'a pas de patron qui lui impose cette contrainte

Détermination des prix Day-Ahead

Déterminer une solution ? Programmation en nbs entiers ?

- Sur une bourse d'électricité, nous avons besoin d'un ensemble de 24 prix et les ordres blocs doivent être acceptés/rejetés par rapport à ces prix
- **Idée:** ajouter des variables entières dans la fonction objectif et les contraintes d'équilibre

$$\sum_{h \in H} \left(\sum_{n=1/\chi^B_{Dn(h)}=1}^{N^B_D} \lambda^B_{Dn}(h) \cdot P^{B,max}_{Dn} \cdot P^B_{Dn} - \sum_{n=1/\chi^B_{Gn(h)}=1}^{N^B_G} \lambda^B_{gn}(h) \cdot P^{B,max}_{Gn} \cdot P^B_{Gn} \right)$$

- **Problème :** la solution ne respecte pas les contraintes de compatibilité des blocs acceptés/rejetés avec les prix et ces contraintes doivent être ajoutées au modèle

Détermination des prix Day-Ahead

Déterminer une solution ? Programmation en nbs entiers ?

- **Contraintes additionnelles à ajouter au modèle :**
 1. **Pas de blocs paradoxalement acceptés (pas d'ordre bloc à l'achat $>$ prix et accepté)**
 2. **Pas de blocs paradoxalement rejetés (pas d'ordre bloc à l'achat \leq prix et rejeté)**

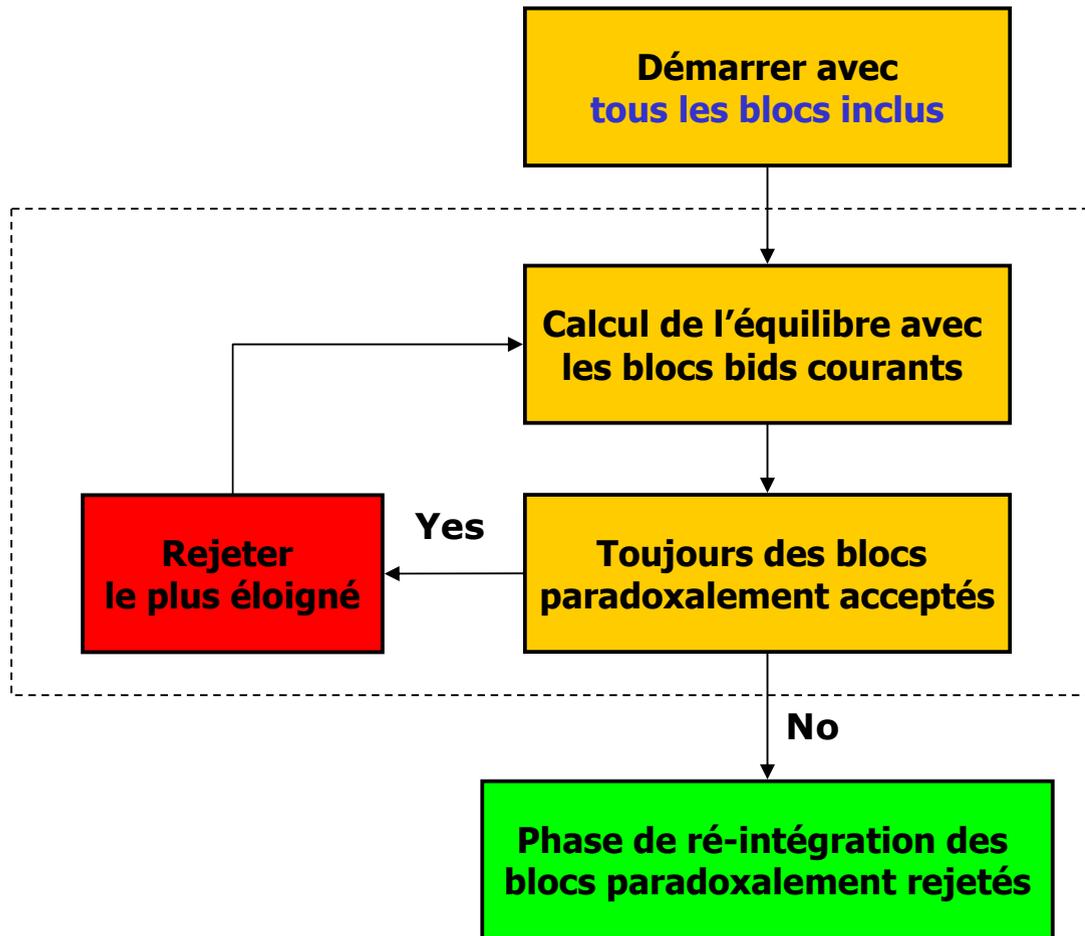
- **Nécessite que les prix soient introduits comme variables primaires**
- **Si les deux contraintes sont ajoutées, le pb peut-être non réalisable**
- **La condition 2 doit donc être assouplie (quelle pénalité ?) mais le nombre de blocs paradoxalement rejetés doit rester limité, de façon à ce qu'il existe toujours une solution**

- **Il y a en général plusieurs centaines d'ordres blocs (donc de variables entières). Un PLNE approché prendrait plusieurs heures au mieux.**

- **La résolution d'une programmation en nombres entiers (surtout PQNE) est incompatible avec les contraintes opérationnelles (10 minutes maximum)**

Détermination des prix Day-Ahead

Déterminer une solution ? Heuristique gloutonne !



■ Typiquement 200 itérations, en 2 minutes (stable)

■ En pratique, l'optimalité est très satisfaisante et très peu de PRBs

■ Algorithme simple à expliquer aux participants

Couplage de marchés

Contexte

- Les interconnexions électriques sont des ressources rares
- La construction de nouvelles interconnexions est lente (obstacles locaux)
- Cela limite la création d'un Marché Européen Interne de l'Electricité

- **Solution 1: améliorer la coordination des GRTs**
- **Solution 2: améliorer les règles d'allocation des interconnecteurs existantes**

- Depuis 2006 la plupart des frontières utilisent des **mécanismes de marché**
- Des enchères annuelles, mensuelles et journalières sont organisées
- Les prix quotidiens des interconnexions (vers 09:00) sont en général différents de la différence des prix déterminées par les Bourses

- **Solution 3 : enchères implicites : un groupement de bourses déterminent à la fois les prix et les flux qui transitent à travers les interconnexions, de façon optimale**

Couplage de marchés

Les bourses d'électricité en Europe

NORD POOL
THE NORDIC POWER EXCHANGE

apx
Group

BELPEX
Belgian Power Exchange

EEX
EUROPEAN
ENERGY EXCHANGE

EEXAA
Energy Exchange Austria

BORZEN

GME
Gestore
Mercato
Elettrico

OMEL
MERCADO DE
ELECTRICIDAD

- **Problème : il n'y a pas une bourse européenne unique mais différentes sociétés (en général un pays). Le couplage de marchés doit en tenir compte et être décentralisé.**

Powernext



Couplage de marchés

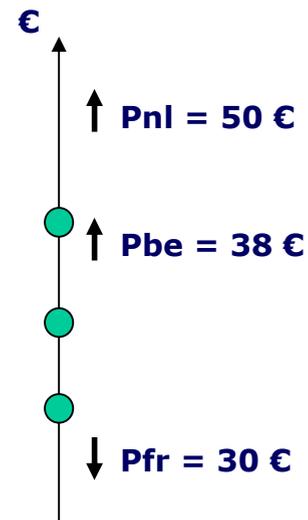
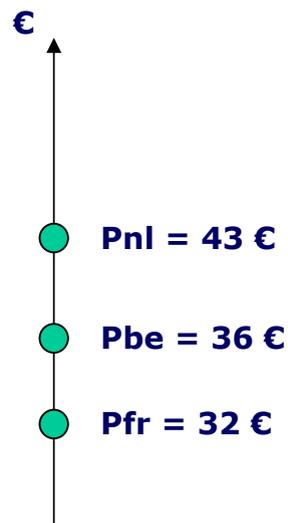
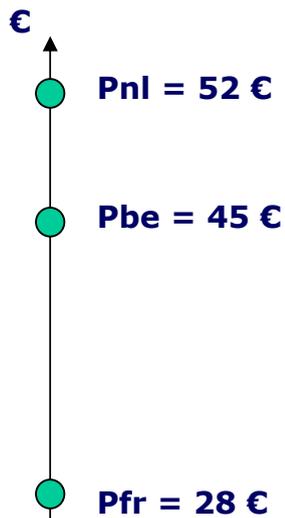
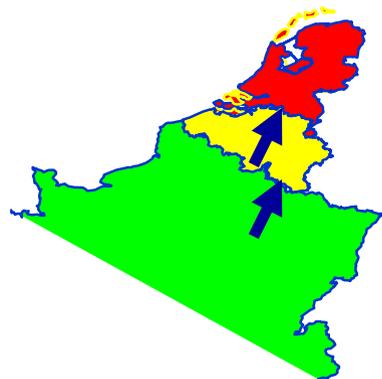
Le projet Trilateral Coupling (TLC)

- Pownext, Belpex, APX, RTE, Elia, Tennet ont décidé de créer un projet pilote pour coupler la France, la Belgique et les Pays-bas.
- Le projet (juridique, algorithmique, IT, régulation, coordination, business, procédures) a duré 2 ans et demi

Marchés isolés

Couplage de marché:
toute la capacité est
utilisée

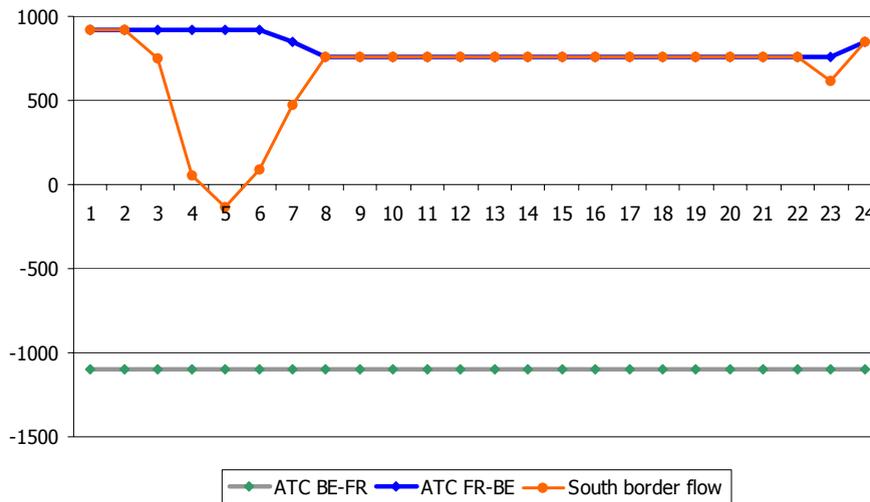
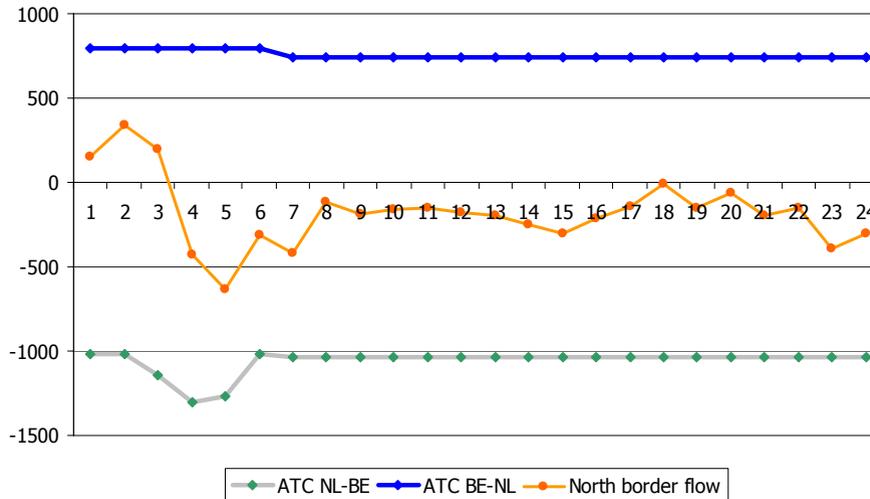
Enchère explicite: une
partie de la capacité
n'est pas utilisée



Lancement du couplage de marchés

21 novembre 2006

Relative usage North border



Lancement du couplage de marchés

21 novembre 2006

Period	MCP FR	MCP BE	MCP NL
1	33	35	35
2	31	31	31
3	29	29	29
4	29	29	29
5	29	29	29
6	34	34	34
7	45	45	45
8	63	80	80
9	63	81	81
10	70	90	90
11	63	100	100
12	60	100	100
13	60	81	81
14	60	86	86
15	60	89	89
16	55	88	88
17	58	250	250
18	75	850	850
19	119	180	180
20	75	92	92
21	62	72	72
22	50	55	55
23	52	52	52
24	40	41	41

Couplage de marchés

L'algorithme sans ordres blocs

- En absence de blocs, le problème peut se formuler comme un programme quadratique (adapté facilement du cas 1 seul pays):
 - **Fonction objectif** : somme du surplus économique des 3 pays
 - **Trois contraintes d'équilibre locales** qui prennent en compte les flux
 - **Les flux ne doivent pas excéder les capacités** (contraintes de bornes)
- Le problème peut être décomposé en 24 problèmes indépendants
- Comme les 3 pays sont alignés, la programmation quadratique n'est pas nécessaire. Un *algorithme ad-hoc* exact qui liste toutes les combinaisons a été conçu (*).
- Même si le nombre de cas particuliers est très important (curtailement, overlaps) le temps de calcul doit surpasser la programmation quadratique.
- **L'algorithme ne doit JAMAIS ECHOUER. Une robustesse totale est nécessaire.**

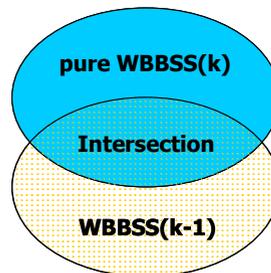
(*) Voir le papier sur le site Internet de Powernext :

English / Download / Day-Ahead / Market Coupling Algorithm

Couplage de marchés

Traitement des ordres blocs (1/3)

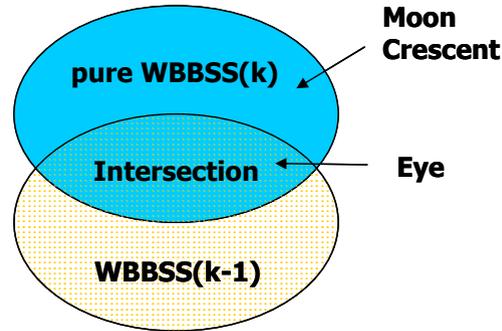
- Une approche "gloutonne" similaire à l'algorithme local Powernext aurait été possible, mais un algorithme qui traite les blocs paradoxalement rejetés (BPR) de façon **adaptative** a été mise au point.
- L'approche est inspirée de la décomposition par les prix (relaxation lagrangienne)
- 24×3 prix sont déterminés par l'agorithme "pseudo PQ" à l'itération k
- A chaque itération k , on détermine un ensemble "pur" *winning block bid subset* $WBBS(k)$ comprenant les ordres blocs compatibles avec les prix



- Les volumes net des blocs sont alors envoyés au coordinateur pour déterminer les nouveaux prix
- Si $Pure\ WBBS(k) = WBBS(k-1)$ for tous les marchés, alors nous avons convergé vers une solution

Couplage des marchés

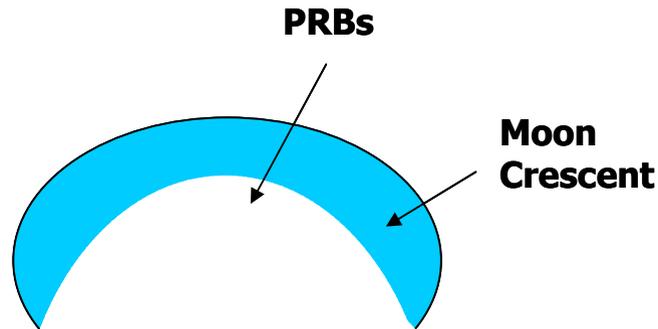
Traitement des ordres blocs (2/3)



- L'algorithme précédent ne permet pas de BPRs et peut ne pas de trouver de solution ou tomber sur un cycle
- Les ordres dans le **Croissant de Lune** qui "oscillent", sont des candidats potentiels pour être paradoxalement rejetés.
- En rejetant tous les "oscillants", on peut trouver une solution rapidement (avec de nombreux BPRs).
- Cependant, de façon à limiter les BPRs, le rejet est permis graduellement au cours des itérations.

Couplage de marchés

Traitements des ordres blocs (3/3)



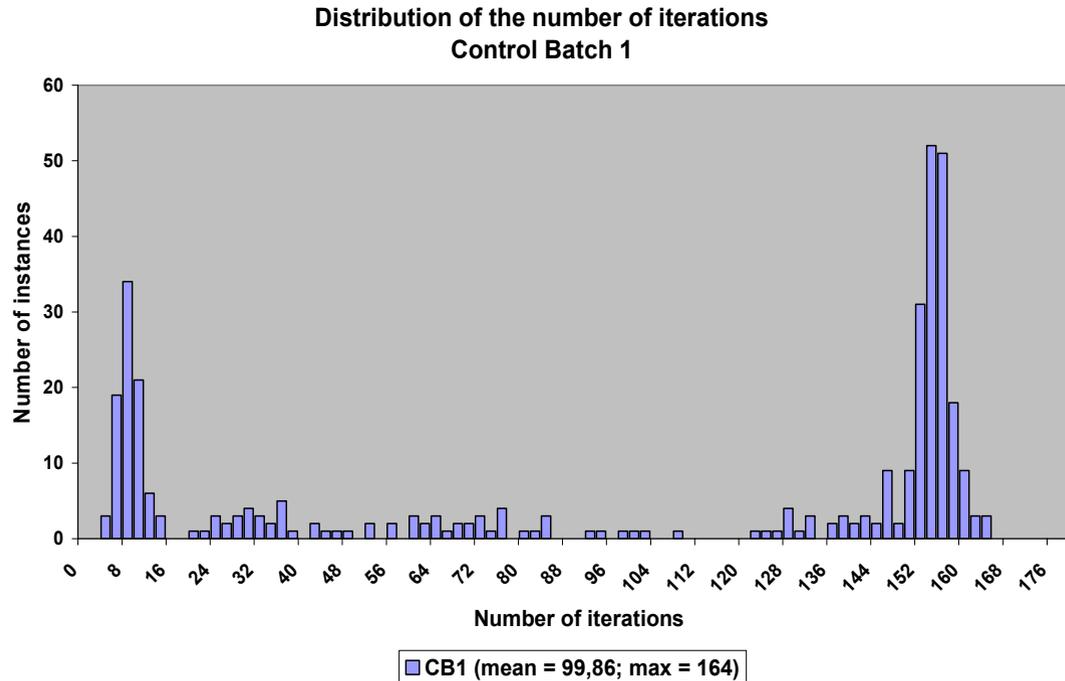
- On définit Δp_{Σ} , la somme des violations des BPRs potentiels (Δp) : Δp_{Σ}
- On trie les BPRs potentiels par Δp croissants
- On rejette les BPRs potentiels tels que

$$\sum \Delta p \leq \beta * \Delta p_{\Sigma}$$

- β croît de 0 to 1 de l'itération 0 à 160.
- La convergence est garantie en un nombre fini d'itérations
- Afin de favoriser la convergence, des techniques de stabilisation ont également été mises en oeuvre

Couplage de marchés

Résultats numériques

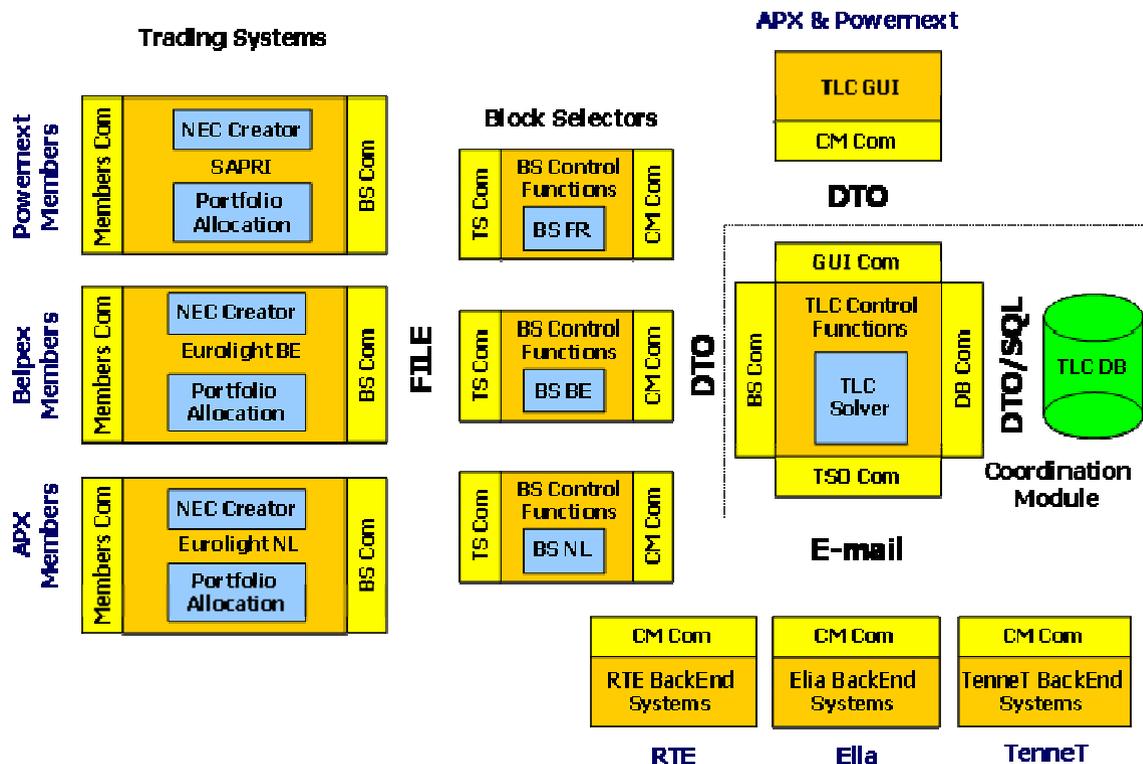


■ Le nombre de PRBs est acceptable et améliore même les résultats locaux

Couplage de marchés

Architecture du système d'information

- Le SI a été implémenté en **SmallTalk (OO)** et est **entièrement distribué**
- Le temps de calcul est stable autour de **2 minutes** (surtout I/O, comm. et SGDB)



Plan de la présentation

■ Les marchés de Powernext

- Powernext Day-Ahead® (avant le couplage de marché)

- Powernext Futures®

- Powernext Carbon

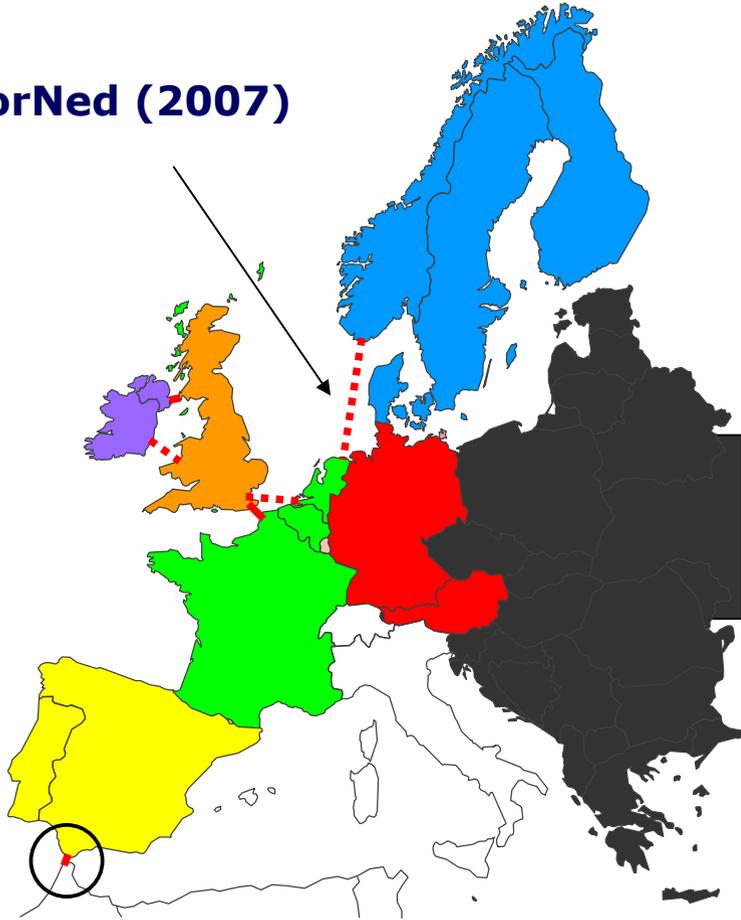
■ Tarif de retour

■ Détermination des Prix Day-Ahead et couplage de marchés

■ Prochaines étapes

Prochaines étapes

NorNed (2007)



- Démarrage du projet NorNed projects pour coupler la zone TLC avec Nord Pool Spot (Norvège, Suède, Finlande et Danemark)
- Le câble NorNed a des contraintes de rampe sur les variations de flux entre deux heures consécutives
- La présence de "flux induits" conduira à la prise en compte des contraintes de réseau (matrices PTDF, lois de Kirchoff)
- Autres études: OTC Clearing, infrajournalier, gaz, indices et dérivés climatiques, CO2 post 2008...

A retenir...

Powernext

≠



Pas de traders à Powernext !





Pour plus d'informations
<http://www.powernext.fr>

Contact:

Jean-Pierre Goux
VP Energy Derivatives & Gas Products
Powernext, France
jp.goux@powernext.fr

