



Gestionnaire
du Réseau de Transport d'Électricité

AG IEEE France du 14 mars 2008

Mission : Sécurité - Lutter contre les blackouts

**Jean-Michel Tesson (RTE - Mission Audit Sécurité)
avec le concours de nombreux collègues de RTE**

Plan de la présentation

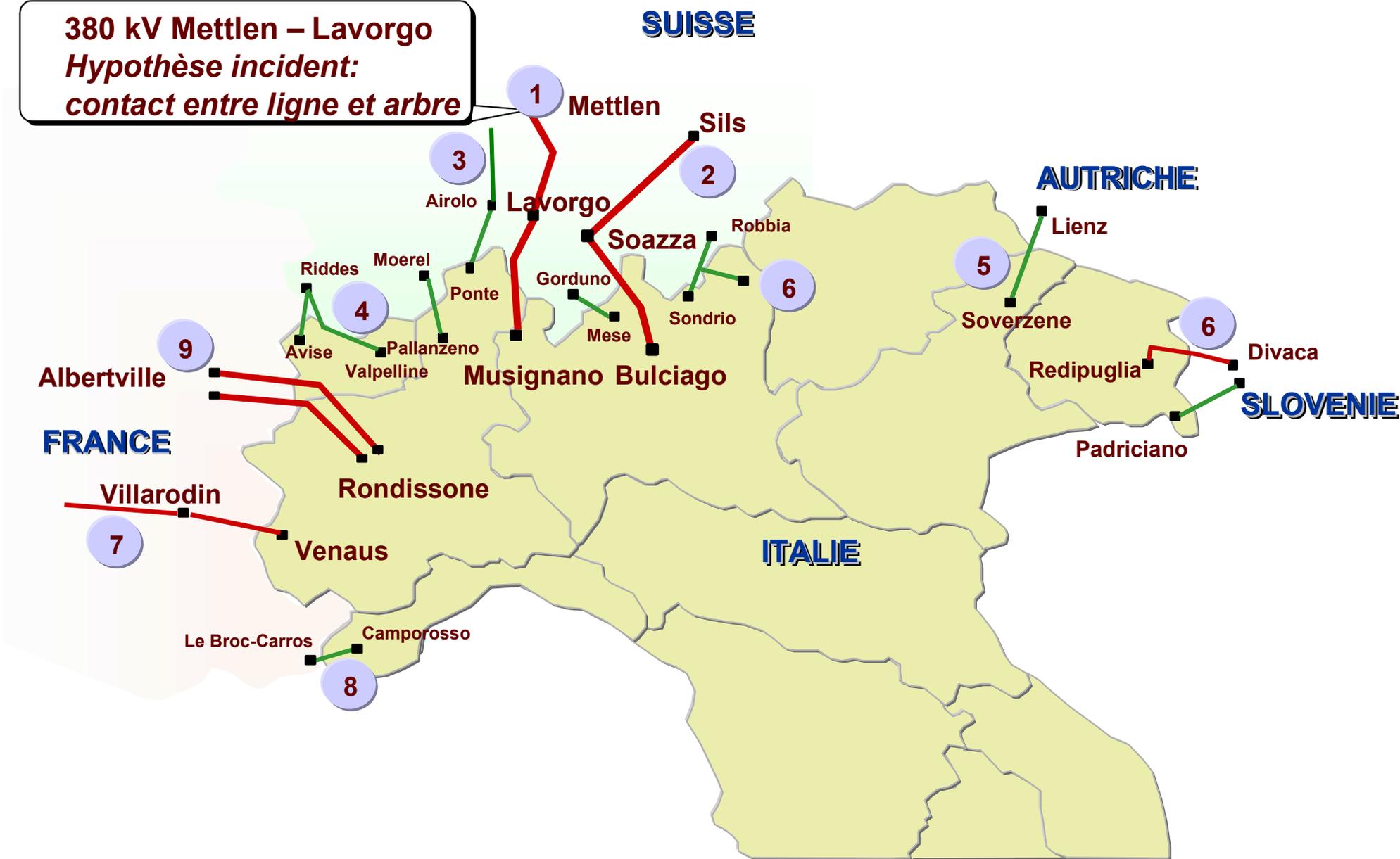
- 1. Un grand incident, cela peut arriver !**
- 2. Les enseignements tirés des grands incidents**
- 3. Comment lutter : l'approche française en matière de sûreté**
- 4. Audit et reporting sur la sûreté du système électrique**
- 5. Pour finir : un aperçu sur un audit sûreté**

2003 : déjà des grands incidents qui interrogent

- **14 août 2003 : nord-est de l'Amérique**
 - 8 états USA concernés + une partie du Canada**
 - 50 millions de personnes affectées, 61 800 MW de consommation délestés**
- **28 septembre 2003 : incident Suisse - Italie**
 - perte quasi-complète du réseau italien, séparé du reste du réseau européen**
 - 57 millions de personnes touchées, 28 000 MW coupés**

incident Suisse - Italie du 28.09.03: carte

380 kV Mettlen – Lavigo
Hypothèse incident:
contact entre ligne et arbre



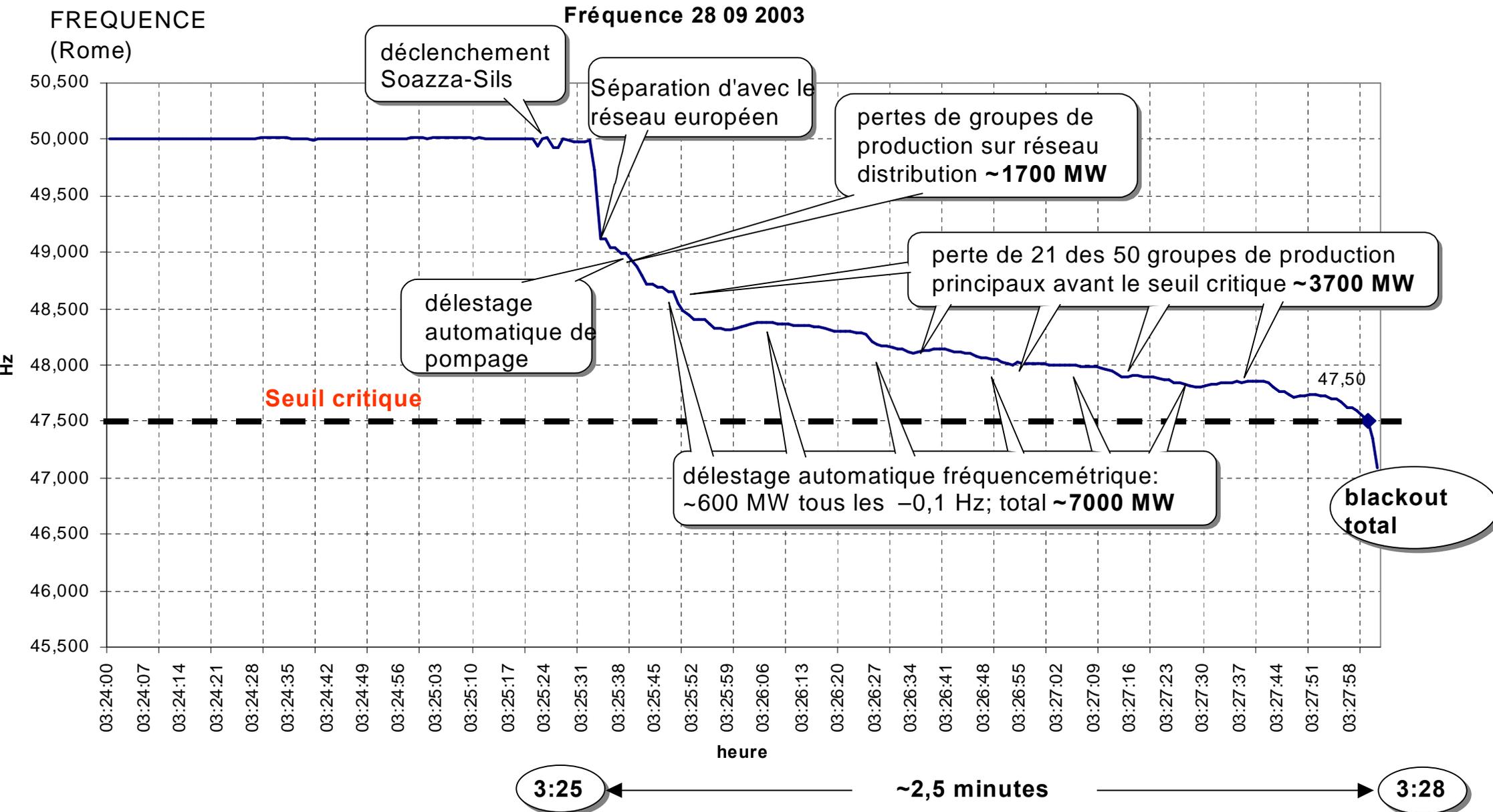
Incident Suisse - Italie du 28.09.03: déroulement

- conditions initiales (28.09.03, 03h00) :
heures creuses, forte importation de l'Italie
- 3h01'42" : déclenchement de la ligne suisse Mettlen - Lavigo
- 3h11' : ETRANS demande à GRTN de résorber un écart de réglage de 300 MW
- 3h25'21" : déclenchement de la ligne suisse Sils - Soazza
- 3h25'25" : déclenchement de la ligne ligne Airolo - Mettlen
- 3h25'26" : déconnexion automatique Lienz (Au) - Soverzene (I)
perte de synchronisme du réseau Italien
- 3h25'33" : séparation du réseau italien par action normale des protections

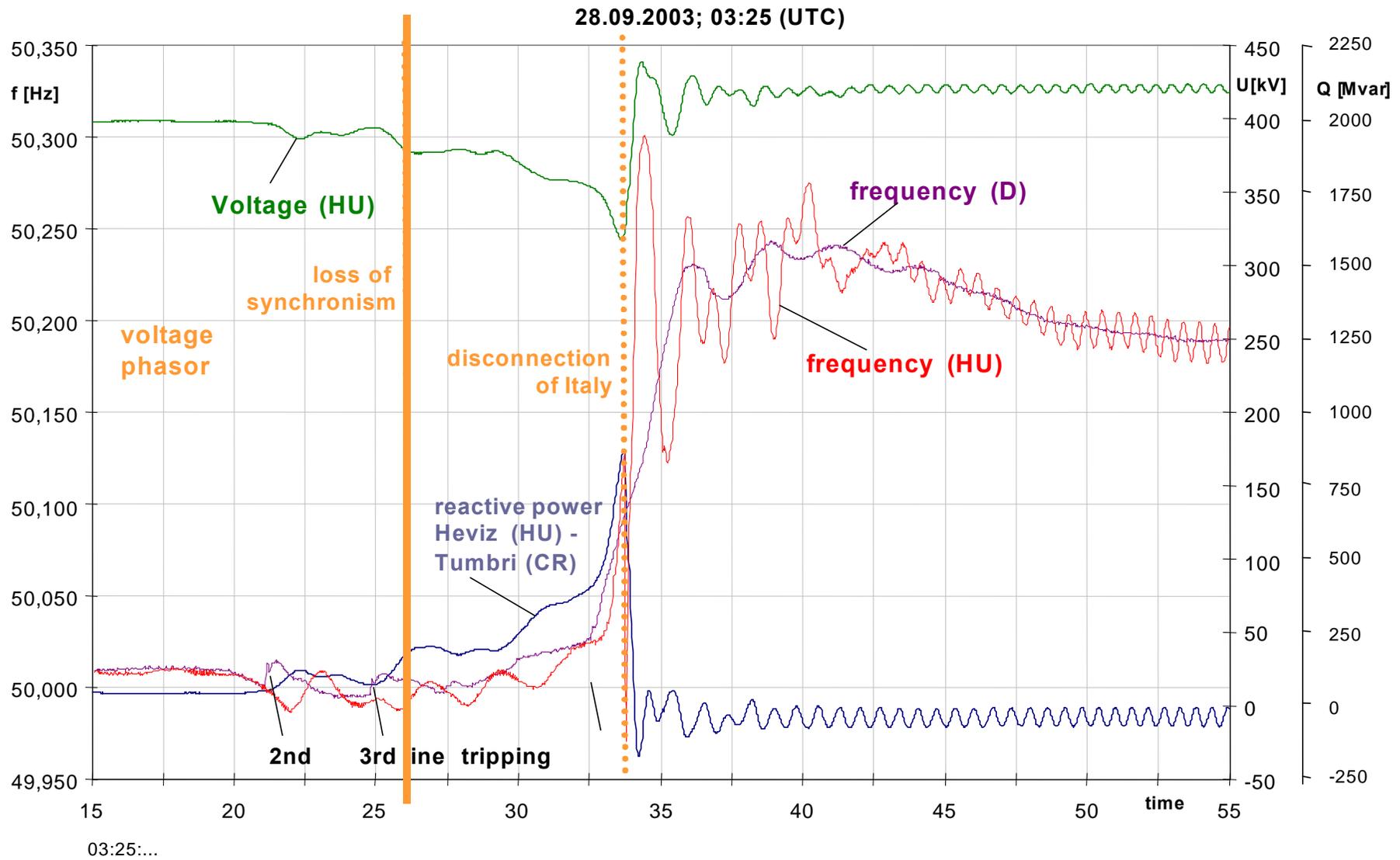
Incident Suisse - Italie du 28.09.03 : déroulement (2)

- **évolution en Italie après séparation d'avec le réseau UCTE**
 - chute instantanée de la fréquence**
 - effondrement en tension**
 - déclenchement de groupes au dessus des seuils prévus**
 - délestage fréquentométrique automatique insuffisamment efficace**
 - au bout de 2'30", perte totale du réseau**
- **évolution sur le reste du réseau UCTE**
 - la fréquence se stabilise par action des réglages automatiques**
 - l'incident est circonscrit**
- **reprise de service progressive en Italie**

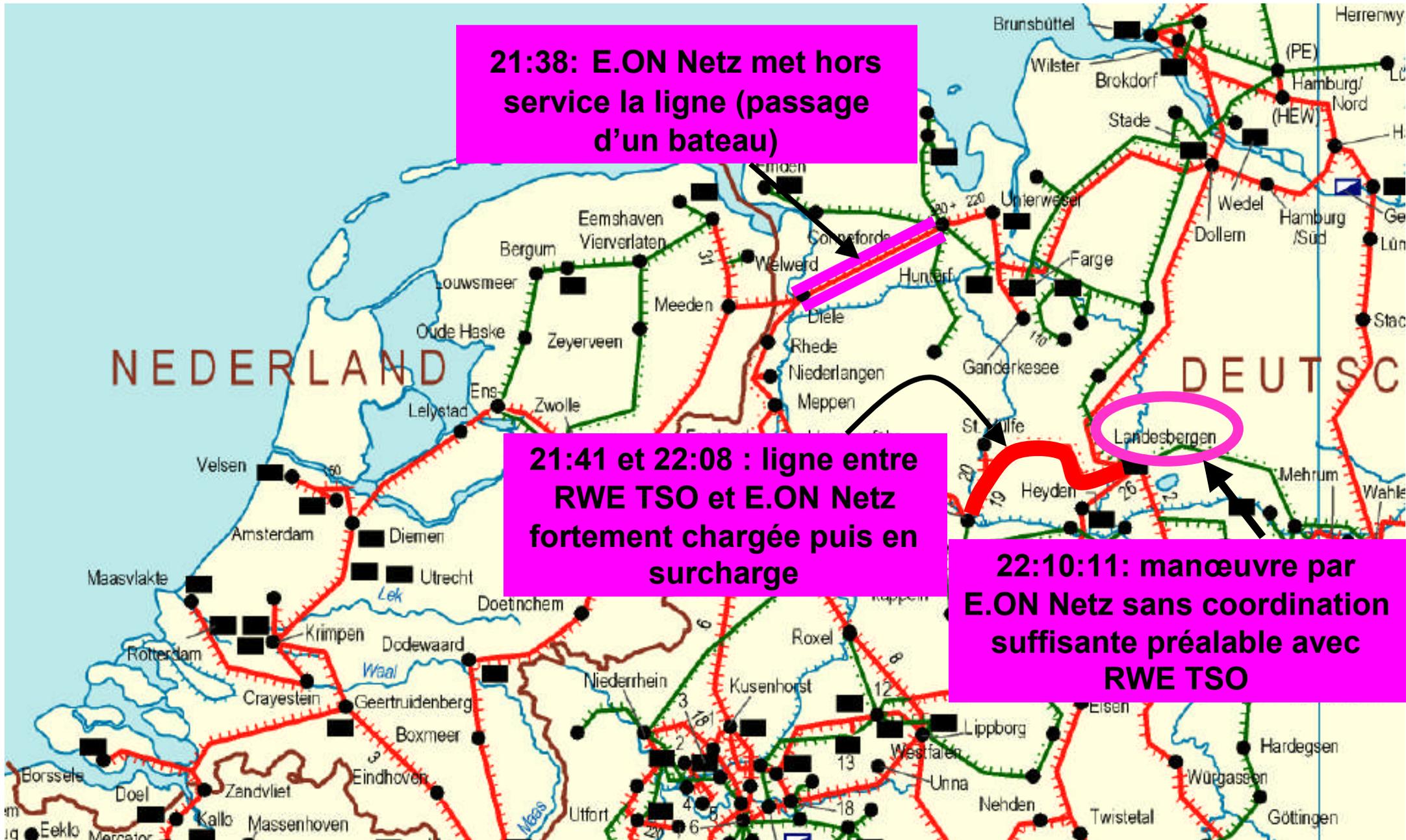
incident Suisse - Italie : évolution de la fréquence



évolution de la fréquence UCTE après séparation de l'Italie



Origine technique provenant de l'Allemagne



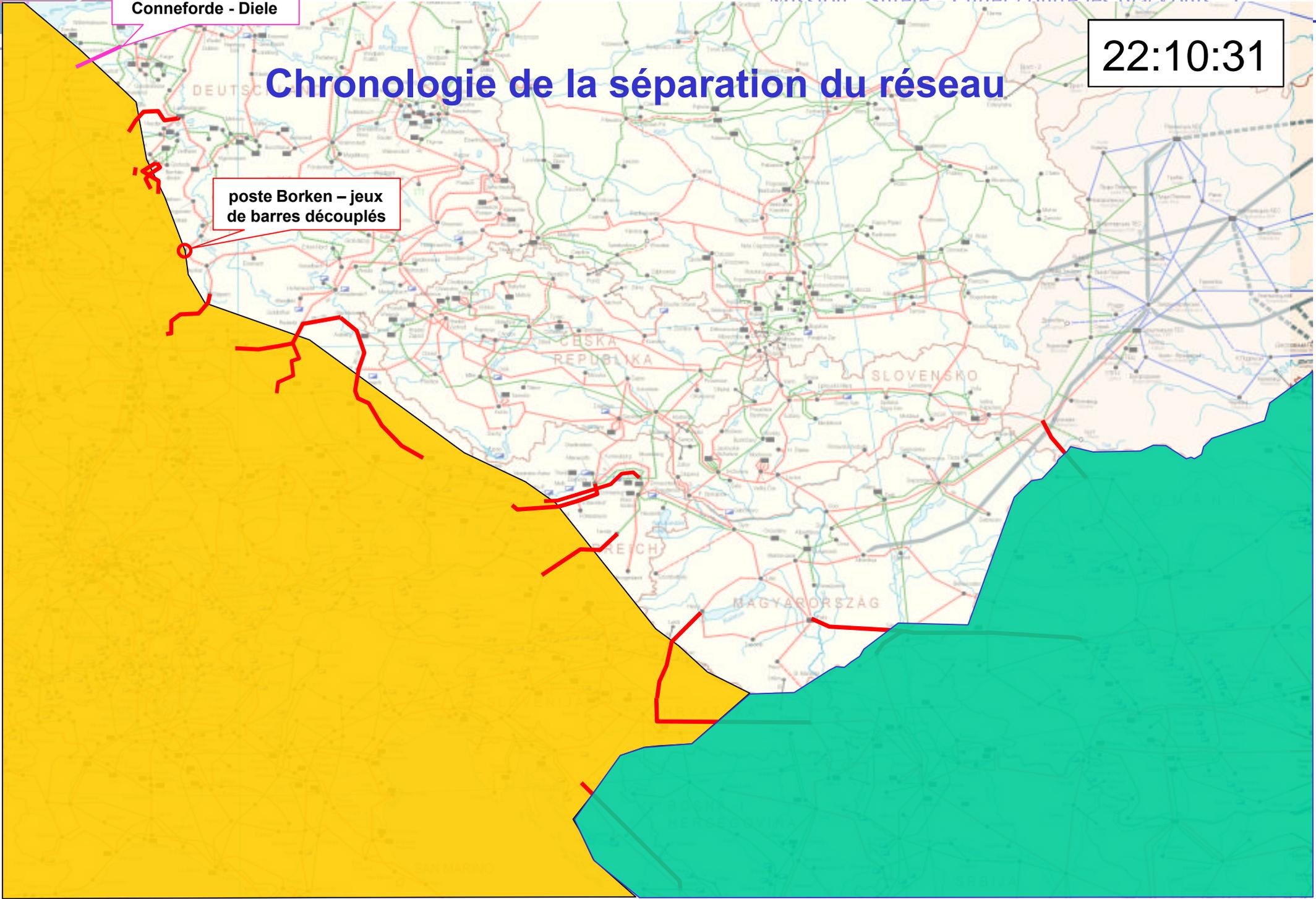
- **Suite d'ouvertures de lignes en Allemagne, Autriche, Croatie**
- **Surcharges et déclenchements de lignes en cascade**
- **22h10mn30s : séparation du réseau européen en deux parties de la mer du Nord à la mer Adriatique**
- **Séparation du réseau européen en trois grandes zones**

Conneforde - Diele

22:10:31

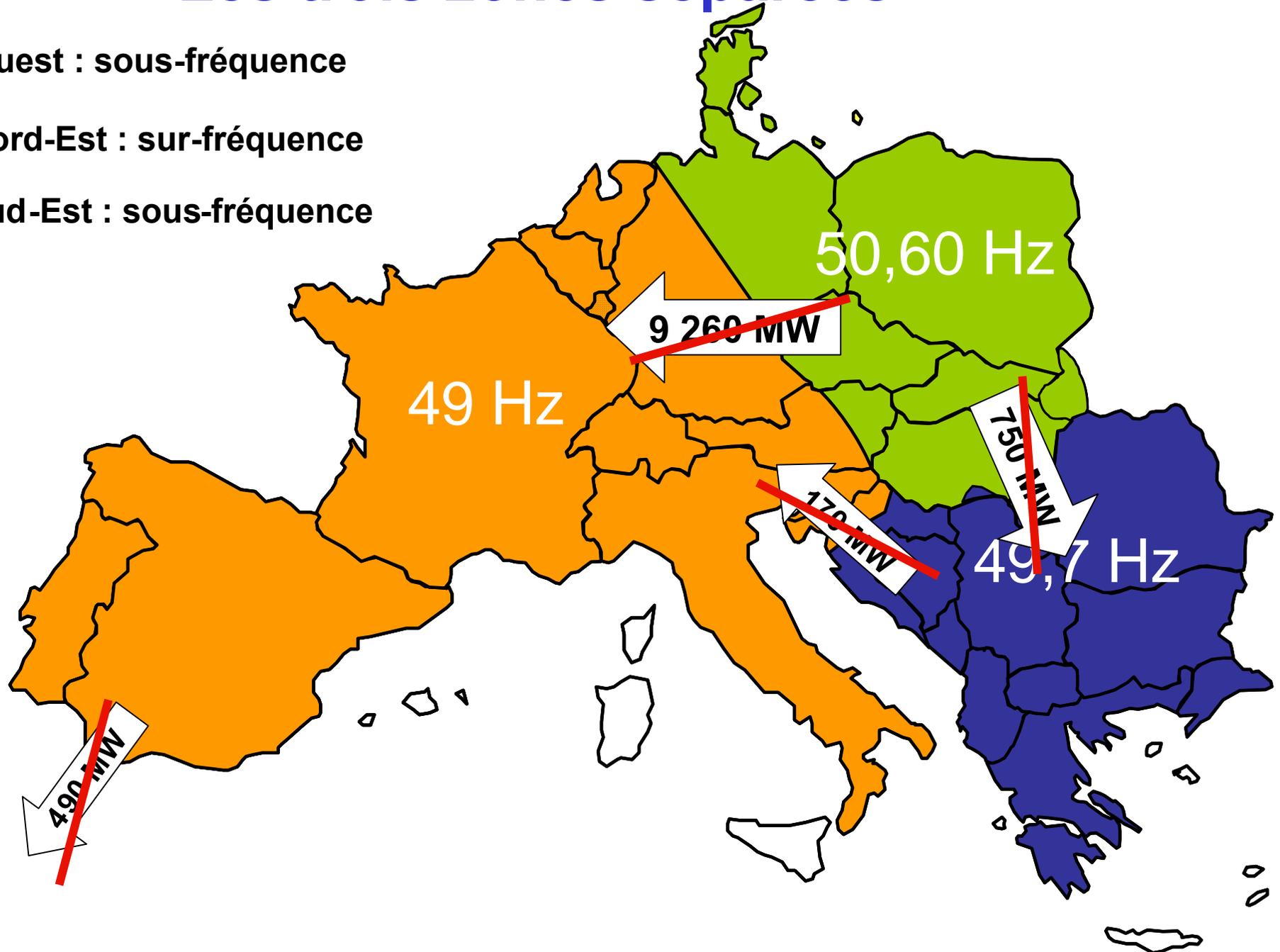
Chronologie de la séparation du réseau

poste Borken – jeux de barres découplés



Les trois zones séparées

-  Zone Ouest : sous-fréquence
-  Zone Nord-Est : sur-fréquence
-  Zone Sud-Est : sous-fréquence



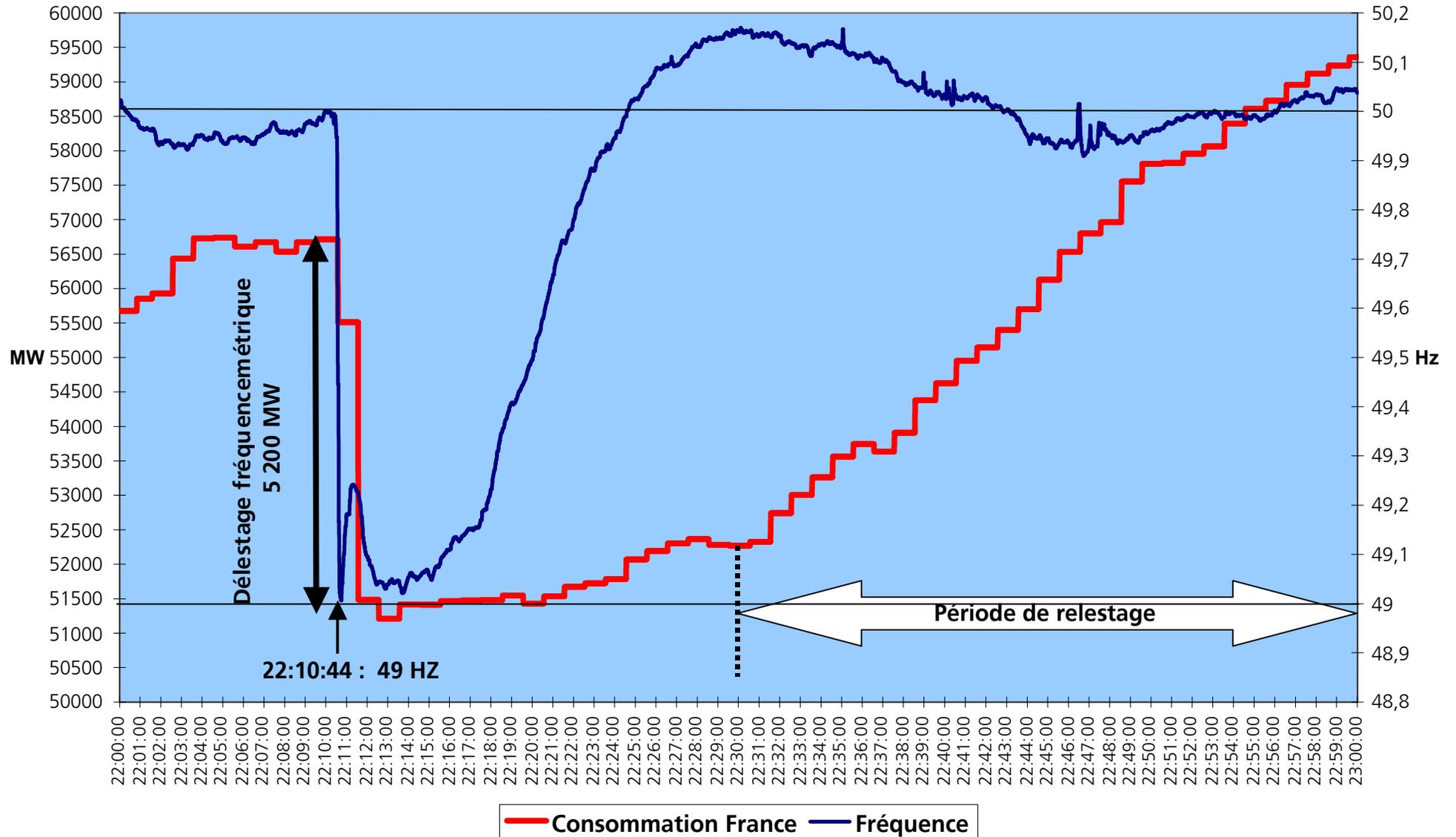
La Zone Ouest est sauvée par le délestage automatique

- **22h10 : chute de la fréquence de 50 Hz à 49 Hz en 8 secondes**



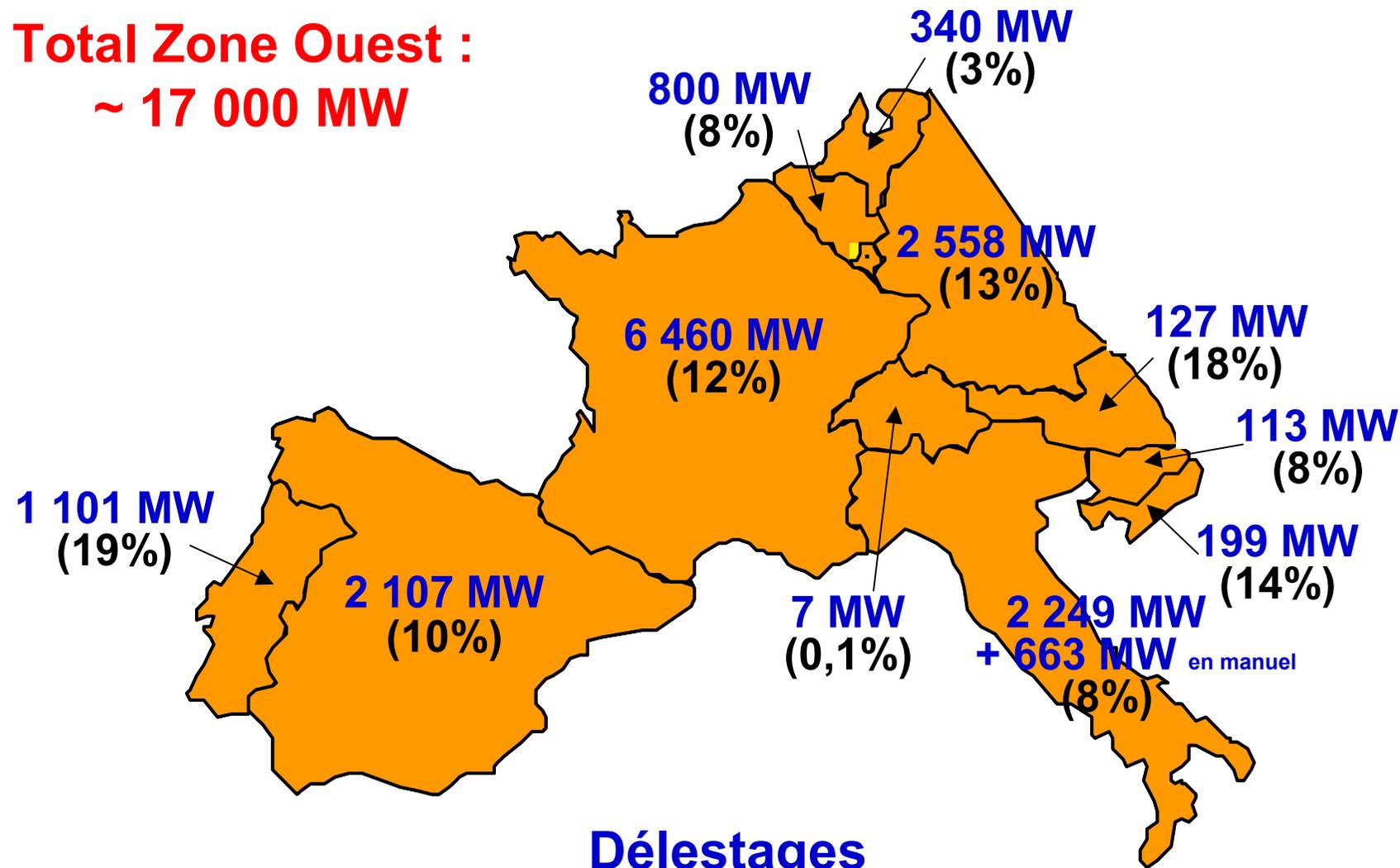
- **La chute est stoppée par fonctionnement du plan de défense contre les incidents de grande ampleur avec délestage automatique sur critère de fréquence**

Fréquence et consommation en France



Délestages dans les pays de la zone Ouest

Total Zone Ouest :
~ 17 000 MW



Délestages

(% : Délestages / Consommation avant incident)

Variation de la production dans la zone Ouest

- **Perte de production : 10 700 MW dont 4 100 MW d'éolien.**

France : 2 882 MW dont 113 MW d'éolien

Espagne : 2 800 MW d'éolien sur les 4 000 produits (11 GW installés) lors du passage à 49 Hz

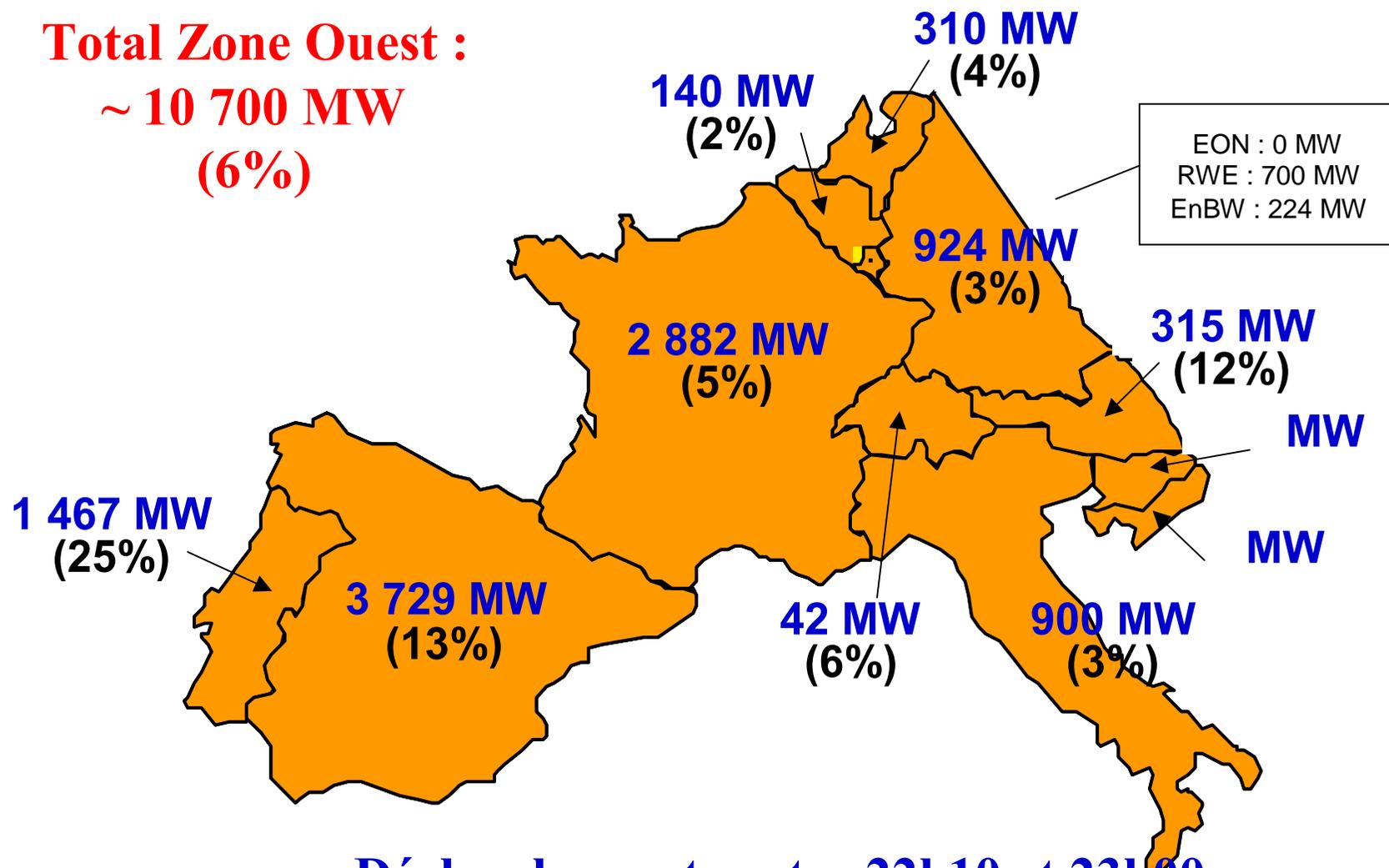


- **Démarrage de moyens de production : 16 800 MW**

France : 5 305 MW

Perte de la production dans la zone Ouest

Total Zone Ouest :
~ 10 700 MW
(6%)



Déclenchements entre 22h10 et 23h00

(% : Déclenchements / Production avant incident)

Les enquêtes effectuées suite à l'incident

- **En Allemagne**

 - Analyse interne E.ON Netz

 - Commission d'enquête des GRT allemands

- **En Europe**

 - Commission d'investigation UCTE (groupe de Gestionnaires de réseaux)

 - Enquête des régulateurs

- **En France**

 - Retour d'expérience conjoint entre RTE et le distributeur EDF

 - Enquête Commission de régulation (CRE)

 - Mission du Conseil Général des Mines

Elles ont permis de connaître l'enchaînement précis et les causes de l'incident, et d'en tirer les enseignements

Ce que dit le rapport UCTE

- **Description et analyse de l'incident vu des trois zones par les GRT**
- **Causes principales de l'incident :**
 - **Règle de sûreté du N-1 non respectée**
 - **Coordination inter-GRT insuffisante**
- **Autres facteurs défavorables :**
 - Production (performances, reconnexion, observabilité ...)**
 - Moyens d'action des dispatchers pour gérer le réseau**
 - Plan de défense et de restauration**
 - Resynchronisation des réseaux séparés**
 - Formation des Dispatchers**

Enseignements globaux

- **Chute de la fréquence jusqu'à 49Hz, mais blackout enrayé**
- **Délestage et restage en France ont globalement bien fonctionné**
- **Besoins d'observabilité de la production raccordée sur les réseaux de distribution**
- **Nécessité de performances accrues de la production décentralisée lors des régimes exceptionnels de fréquence et de tension**
- **De nombreux enseignements à tirer en Europe (coordination, échanges d'information, harmonisation des règles ...)**

Les grands incidents dans l'histoire

- **2003**

Amérique du nord (14.08.03), Italie (28.09.03), Mexique (02.09.03), Londres (28.08.03), Helsinki (23.08.03), Danemark et Suède (23.09.03)

- **mais aussi auparavant sur le continent américain**
ouest USA (02 & 03.07.96, 10.08.96), New York (13.07.77),
est & nord USA + Ontario (09.11.65),
Brésil (21.01.02)

- **et aussi sur le continent asiatique**

Japon (23.07.87), Philippines (janvier et mai 2002),
Inde (janvier 2001, juillet et septembre 2002)

- **et aussi sur le continent africain**

Tunisie (30.06.02), Algérie (03.02.03), Egypte (avril 90)

- **et aussi en Europe**

Italie (1978, 1989, 1993, 1994), Suède 1979, 1983),
nord Allemagne et Danemark (1979), Angleterre (1981),
Espagne et Portugal (1981), Belgique (04.08.82), Grèce (1983)

- **et en particulier en France**

19.12.78, et 12.01.87 dans l'ouest

Le retour d'expérience sur les grands incidents

- **toujours la conjonction de plusieurs aléas**
- **en plus des événements initiateurs visibles, souvent des causes latentes antérieures**
- **4 modes d'écroulements fondamentaux**
 - **cascade de déclenchements de lignes par surcharge**
 - **effondrement par dérive de la fréquence**
 - **effondrement en tension**
 - **perte de synchronisme**
- **succession de phases de dynamiques diverses, conclue par un effondrement très rapide**
- **reconstitution du réseau souvent difficile**

La sûreté du système électrique français

- **sûreté du système : aptitude à :**
assurer le fonctionnement normal du système,
limiter le nombre des incidents et éviter les grands incidents,
limiter les conséquences des grands incidents lorsqu'ils se produisent
- **le système électrique :**
complexe et bouclé (composants multiples à fortes interactions)
aléas multiples
- **face aux aléas :**
marges et dimensionnement face aux aléas (règle N-k)
combinaisons d'aléas peu probables : dégradations acceptées
cas les plus extrêmes : sacrifier une partie du système pour éviter l'extension
- **démarche de défense en profondeur**
- **face aux situations exceptionnelles :**
actions de conduite exceptionnelles
ordres de sauvegarde à exécuter sans délai (pouvant inclure des délestages)
in fine, actions ultimes curatives et automatiques ("plan de défense")

le contexte de la sûreté du système en 2008

- arrivée croissante de groupes de production décentralisée, de production aléatoire et non dispatchable...
- difficultés pour construire de nouveaux ouvrages de transport
- croissance importante des pointes de consommation
- incertitudes multiples, qui se combinent

le risque à éviter :

l'émergence des problèmes trop tardive au stade du temps réel

Quelques uns des leviers de maîtrise de la sûreté

- **référentiel relatif à la sûreté du système + relations contractuelles**
- **coordination des associations de GRT**
- **retour d'expérience : Événements Système Significatifs (ESS)**
- **contrôle des performances**
- **actions de R&D**
- **développement de la culture de sûreté**
- **reporting sur la sûreté**
- **audits sûreté**

leviers de maîtrise de la sûreté : actions de R&D

- **une nécessité, et non pas un luxe!**
- **deux exemples :**
 - prise en compte du rôle croissant des groupes éoliens, dans les différentes facettes de la problématique**
 - intégration de la complexité dans les études de sûreté :**
 - phénomènes complexes (écroulement de tension)**
 - incertitudes sur les hypothèses**

Bilan annuel de la sûreté du système électrique

- **Structure de bilan reproductible d'année en année**
- **Présentation structurée de ce qui concourt à la sûreté**
- **Pouvoir suivre l'évolution dans le temps**
- **Développer la culture de sûreté, en favorisant:**
 - la perception des différentes dimensions de la sûreté**
 - l'appréhension par les acteurs de leur rôle dans la construction de la sûreté**

Architecture du bilan sûreté français annuel

- **Panorama de l'évolution de l'environnement interne et externe**
- **Situations d'exploitation rencontrées**
- **Évolution du référentiel traitant de la sûreté**
- **Évolution des dispositions dans le domaine matériel**
- **Évolution des dispositions dans le domaine organisationnel et humain**
- **Enseignements tirés des événements de l'année**
- **Indicateurs en lien avec la sûreté**
- **Actions de progrès en cours**
- **Boucle de régulation et de contrôle à RTE**
- **Recommandations**

Programme d'audits sûreté

- **Proposition du programme d'audits sûreté**
- **Analyse basée sur:**
 - le croisement avec les thèmes du bilan sûreté annuel
 - les 3 volets de la définition de la sûreté
 - les 4 phénomènes majeurs d'effondrement du réseau
 - le contenu des bilans sûreté annuels
 - le suivi de l'exploitation
 - le retour d'expérience (Système, Transport, transverse)
 - les résultats des audits précédents
 - les analyses de risques des macroprocessus...
- **Validation par le Comité Exécutif de RTE**
- **Possibilité d'audits "flash" en plus du programme**

Réalisation d'un audit sûreté

- **Lancement à partir de la description du programme d'audit**
- **Phase d'étude**
 - chemin d'audit, champ d'audit, objectifs de contrôle
 - rapport d'orientation
 - lettre de mission - ordre de mission
- **Phase de vérification**
 - entretiens avec les équipes concernées - restitutions
 - structuration des constats - élaboration des recommandations
- **Présentation du rapport final au Président du Directoire RTE**
- **Phase de mise en œuvre des plans d'action**

Audits Sûreté effectués (1)

- **Formation à la sûreté des acteurs impliqués dans la conduite du réseau**
- **Caractérisation et analyse des fausses manœuvres**
- **Gestion de l'interconnexion France-Italie**
- **Fonctionnement du REX Sûreté face au nouveau contexte institutionnel**
- **Protections différentielles de barres**
- **Maîtrise de la tension**
- **Système d'Alerte et de Sauvegarde**
- **Temps d'élimination des courts-circuits 400 kV**
- **Maîtrise des IMAP et de la conformité géométrique des lignes vis-à-vis de la sûreté et de la réglementation**

Audits Sûreté effectués (2)

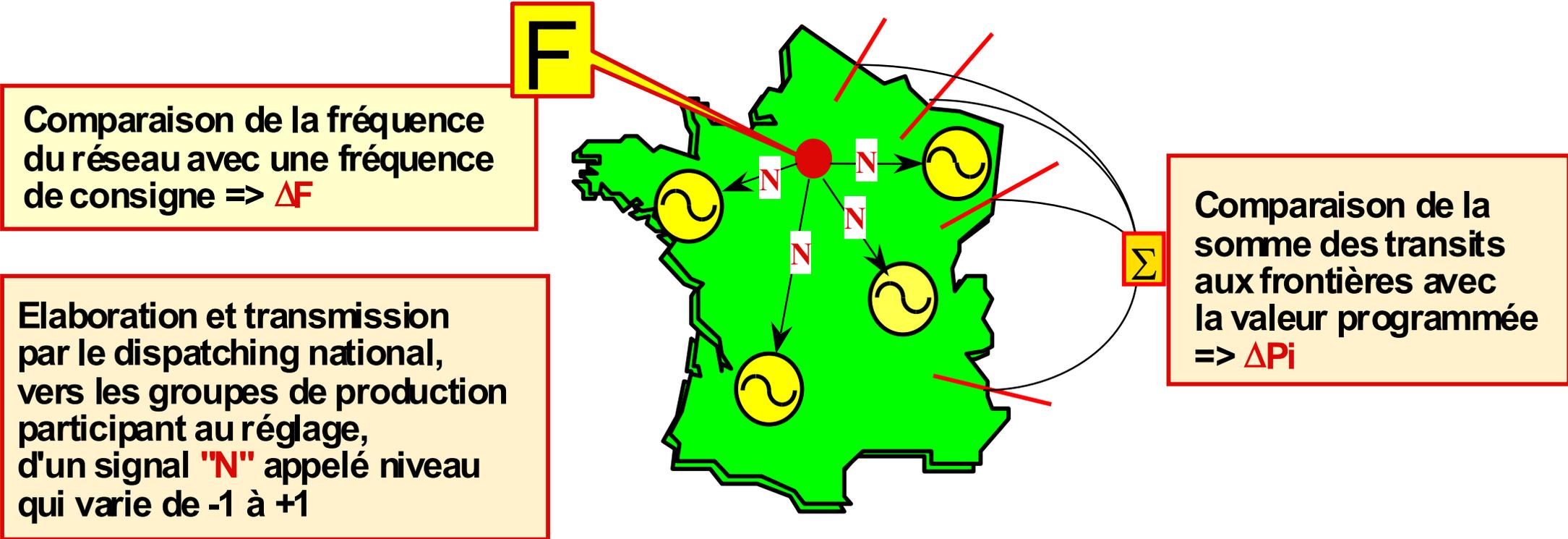
- Sûreté face au risque de perte d'ouvrages (règle N-k)
- Écart de fréquence et réserves du réglage fréquence - puissance
- Indisponibilités temporaires du réseau de téléconduite ARTERE
- Maîtrise des essais de renvoi de tension et d'îlotage
- Impact sur la sûreté de la mise en place des Agences Régionales de Conduite des réseaux de distribution
- Débouclage sur rupture de synchronisme et délestage
- Automates spécifiques d'exploitation
- Services Système f/P & U/Q et leur contrôle
- Contrôle des engagements de performances (hors services système)

pour finir, un aperçu sur un audit sûreté :

« Écarts de fréquence et réserves du réglage fréquence/puissance »

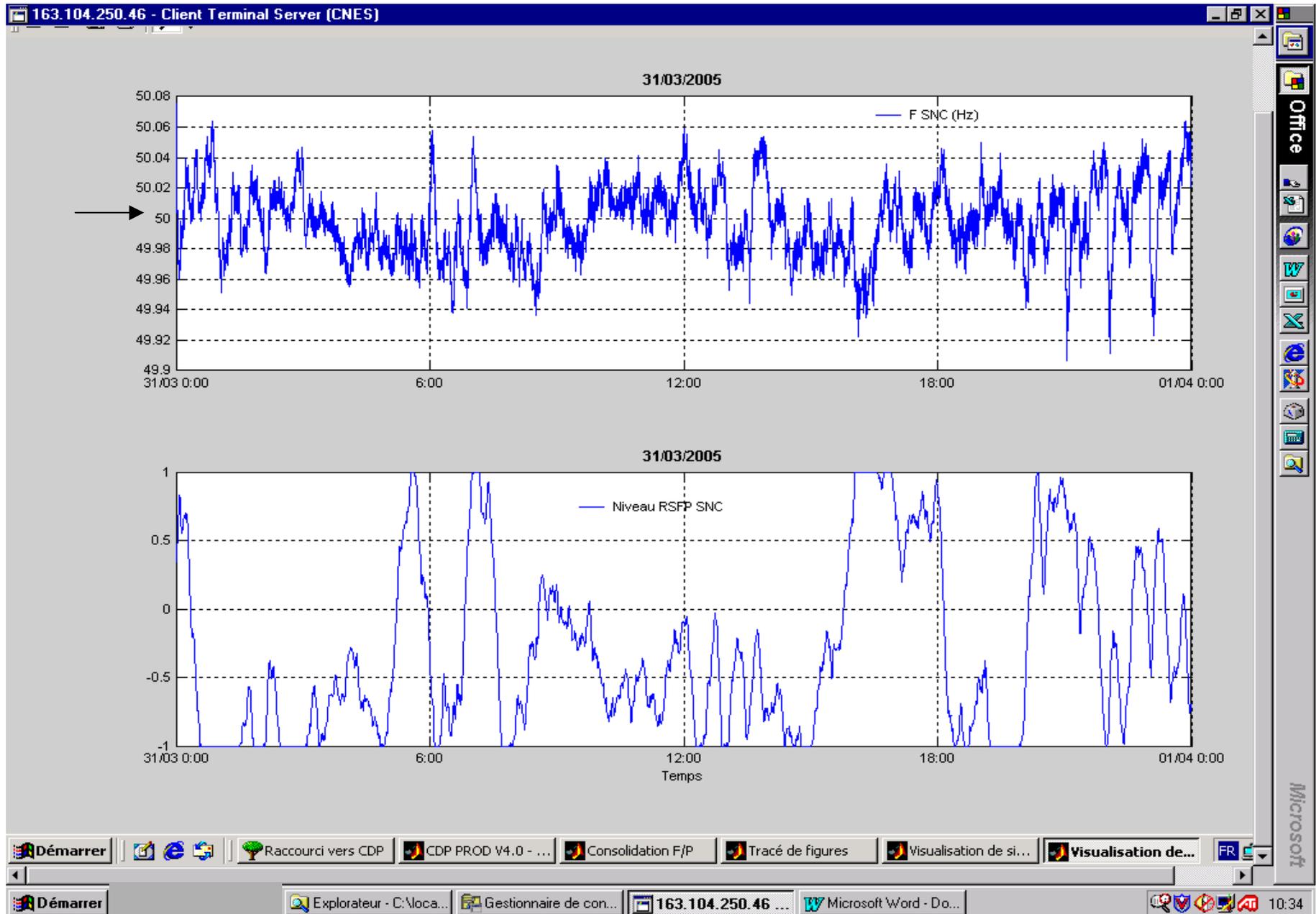
le réglage secondaire fréquence/puissance

OBJECTIFS : - Ramener la fréquence à sa valeur de consigne
- Respecter les puissances sur l'interconnexion

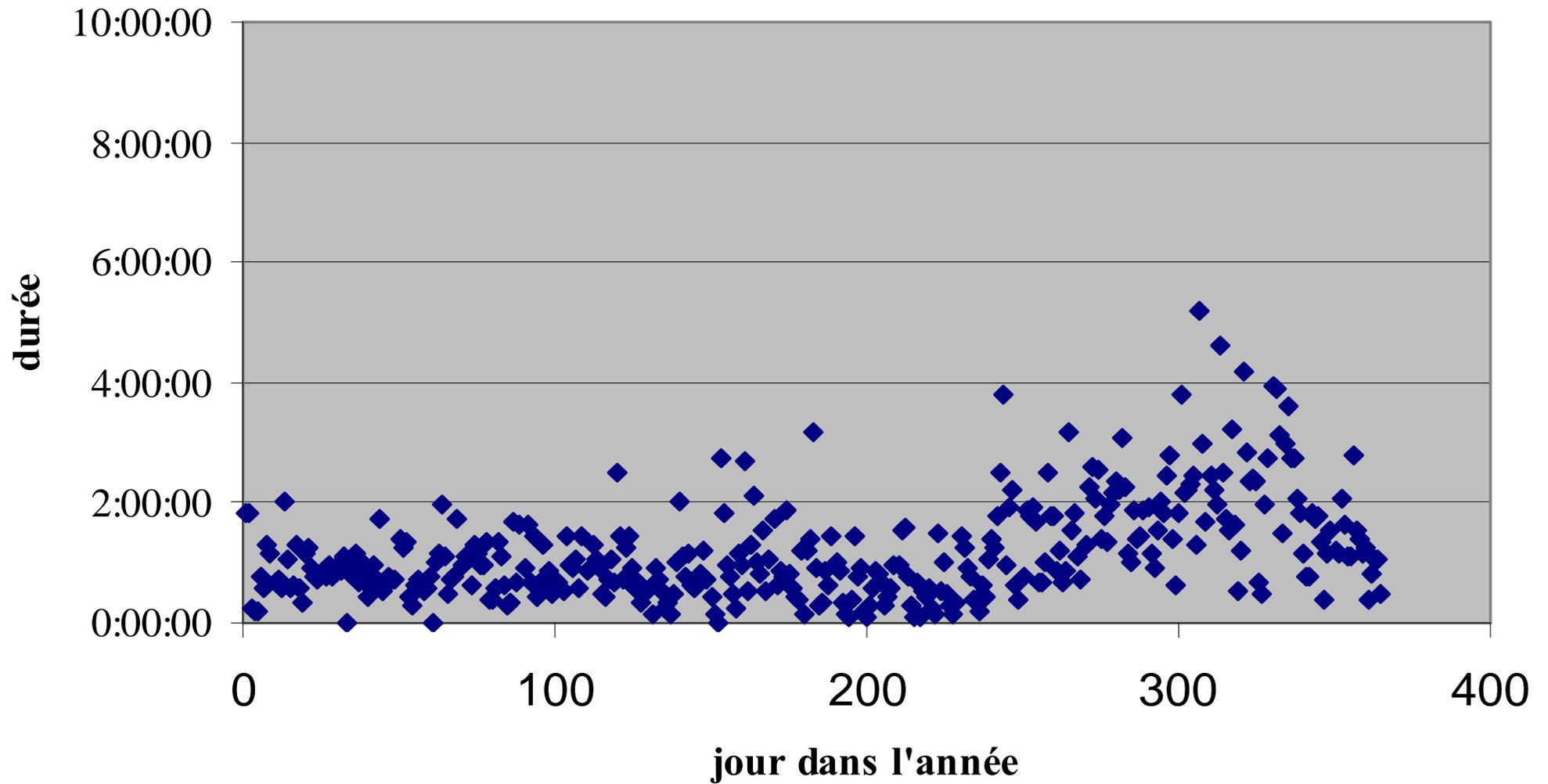


Ecart de réglage : - ($\Delta P_i + k\Delta F$)

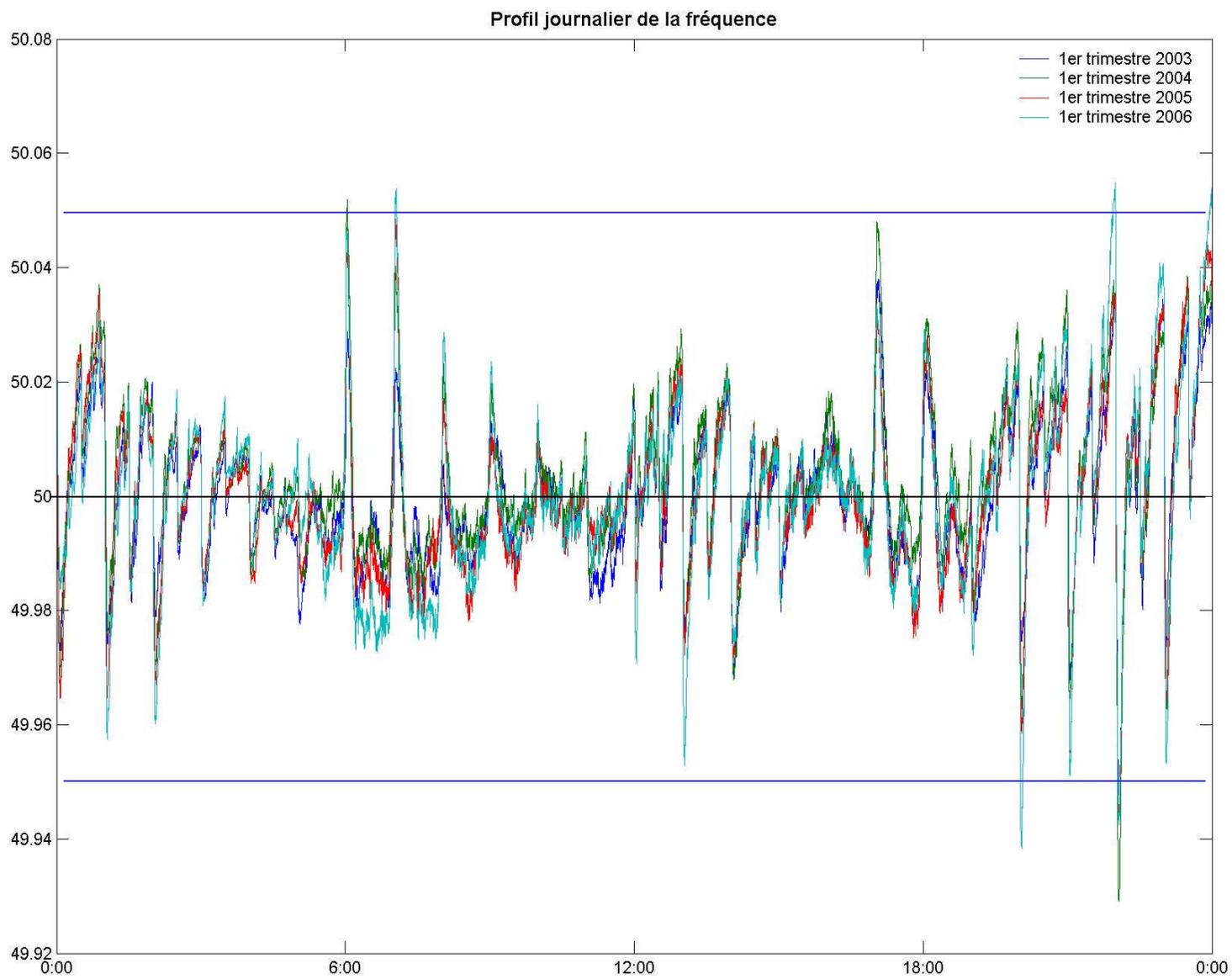
profil de la fréquence le 31 mars 2005



Ecarts supérieurs à 50 mHz en 2003: durée cumulée par jour



profil journalier de la fréquence



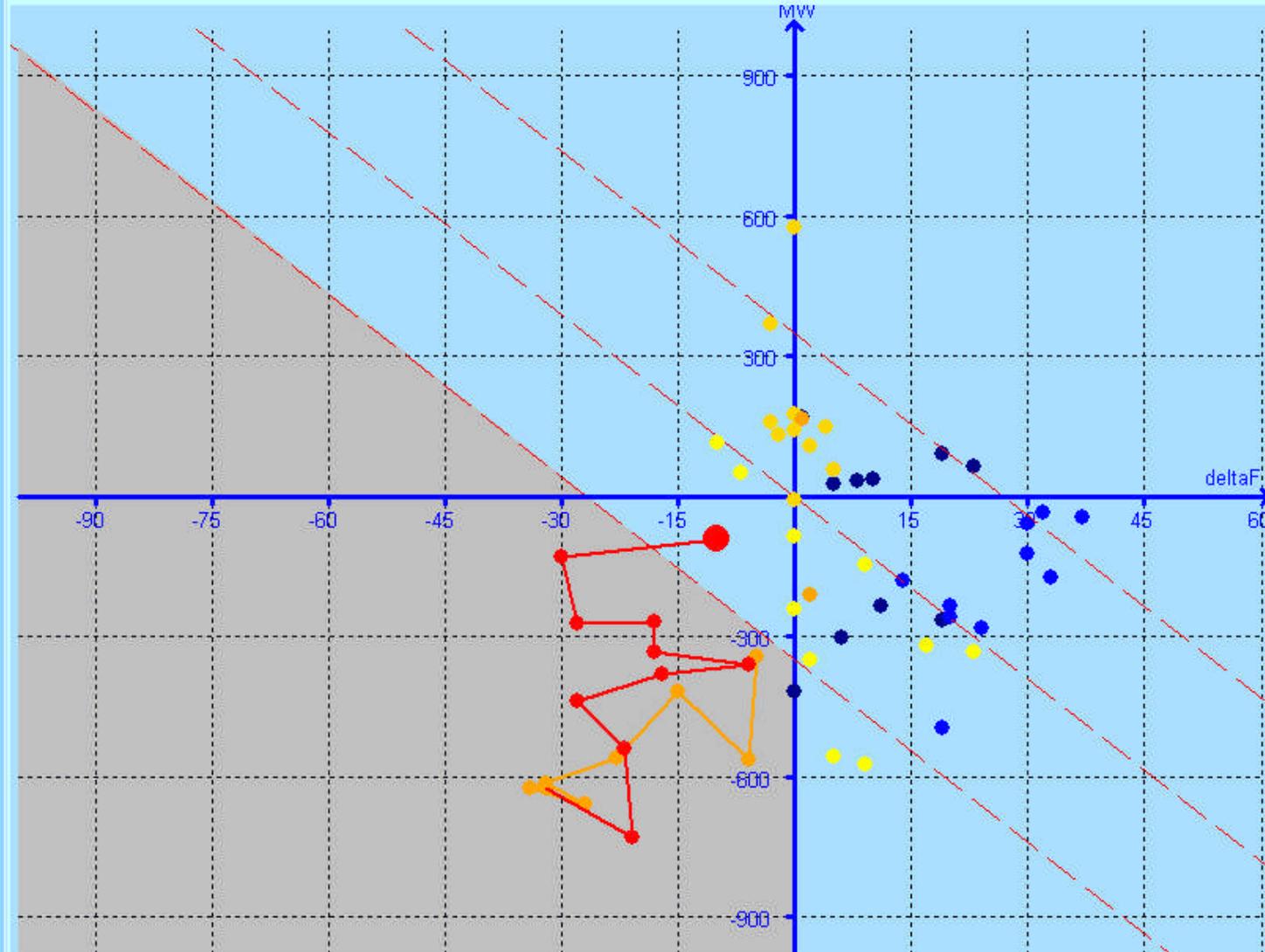
Un nouvel indicateur de qualité du réglage f/P

Indicateur Sûreté



"Temps réel" | Indicateur | Paramètres TR | Paramètres | Suivi Traitement | Administration | Historique

Données SNC du Mardi 15 Janvier 2008 à 03:14



Date
15/01/2008

Heure
03:14

Afficher

**Dernière valeur
du Lambda
13000**

Remerciements spéciaux pour cet exposé à :

- Marie-Pierre Bongrain RTE-DMA
- Jean-Yves Delabre RTE-CNES
- Gwenaëlle Lemarchand RTE-CNES
- Clotilde Levillain RTE-CNES
- Jean-Paul Roubin RTE-CNES
- tous les auditeurs anciens et actuels de la Mission Audit Sûreté
- tous ceux, très nombreux, qui contribuent par leur action quotidienne à la sûreté du système électrique français

- 2 sites à consulter :

RTE <http://www.rte-france.com>

IEEE PES France <http://ewh.ieee.org/r8/france/pes/>