

# Electrabel

GDF SUEZ



## Réglage de la tension aux bornes de l'alternateur

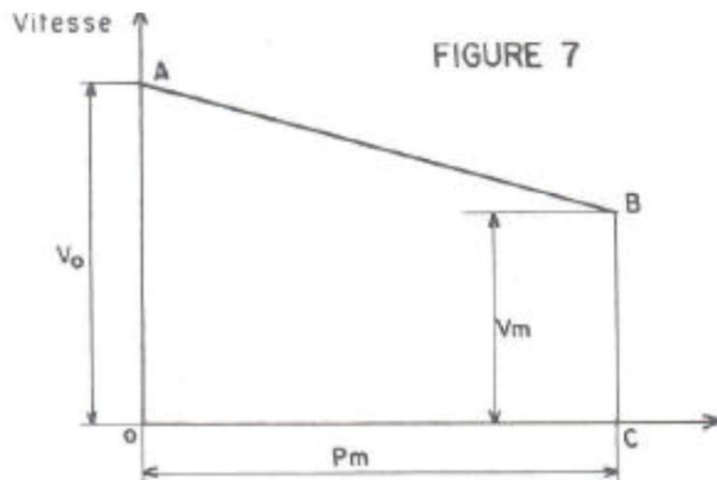
- En exploitation, la tension d'un alternateur alimentant un réseau séparé doit être maintenue constante quels que soient le facteur de puissance et l'intensité du courant débité par le stator.
- Pour arriver à ce résultat, on augmente la force électromotrice **EV** en agissant sur le courant dans le rotor de l'alternateur appelé "courant d'excitation de l'alternateur ". Si on augmente ce courant, le champ produit par le rotor augmentera, il en résultera une augmentation de **EV** et de la tension aux bornes **U**. On obtiendrait le résultat inverse en diminuant le courant d'excitation.
- Dans les centrales, ce réglage est obtenu automatiquement à l'aide de régulateurs de tension.

## Réglage de la fréquence

- La fréquence est liée à la vitesse du turbo-alternateur par la relation :  
 **$f = PN/60$**   
f : fréquence en hertz (Hz)  
P : nombre de paires de pôles du rotor  
N : vitesse en tours minute
- En Europe, la fréquence des réseaux est unifiée à **50** périodes par seconde **Hz**. Ainsi, un alternateur tournant à 3.000 tr/mn aura 2 pôles (1 paire).
- La fréquence étant proportionnelle à la vitesse, un réglage de fréquence conduit toujours à un réglage de vitesse. Ce réglage de vitesse est obtenu par action sur la turbine d'entraînement de l'alternateur par l'intermédiaire d'un régulateur.
- La puissance du turbo-alternateur, pour une pression et une température constante de la vapeur à l'admission de la turbine, dépend du débit de vapeur dans la turbine.

## Réglage de la fréquence

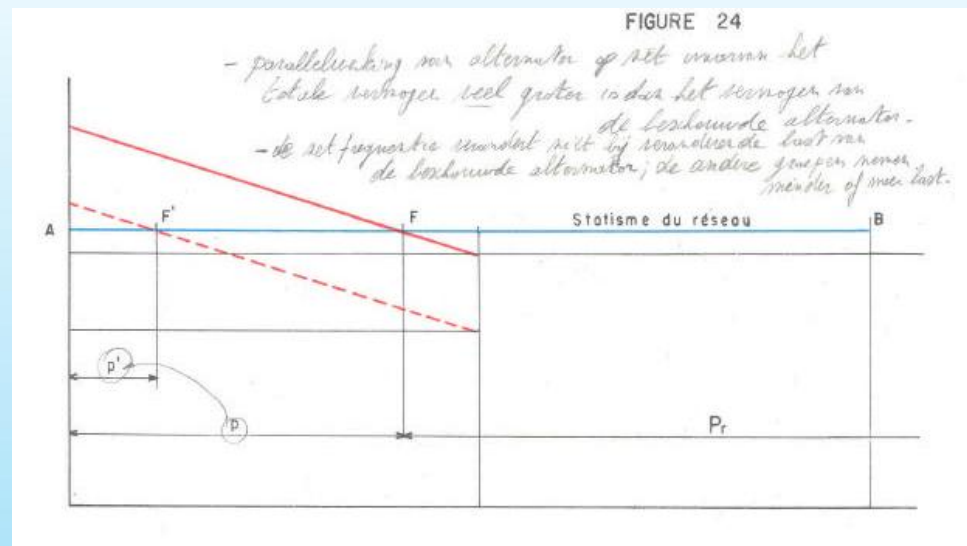
- Le régulateur doit maintenir le turbo-alternateur à vitesse constante. Il devra donc, quand la demande de puissance du réseau augmentera, augmenter l'ouverture des soupapes d'admission, c'est-à-dire le débit de vapeur, pour maintenir la vitesse constante. Inversement, il devra diminuer le débit de vapeur dans la turbine quand la puissance du réseau diminuera.
- On dira qu'il existe une relation entre la puissance et la vitesse de la turbine. Cette relation qui se traduit par une courbe porte le nom de statisme.



- le point A correspond à la marche à vide, la vitesse du turbo-alternateur est  $V_0$ ;
  - le point B correspond à la puissance maximale  $P_m$ , la vitesse du turbo-alternateur est  $V_m$ .
- On dira par exemple qu'une machine a un statisme de 4 %, quand sa vitesse à sa charge maximale est inférieure à 4 % à sa vitesse à vide (120 T/min soit 2 Hz).

## Réglage de la fréquence

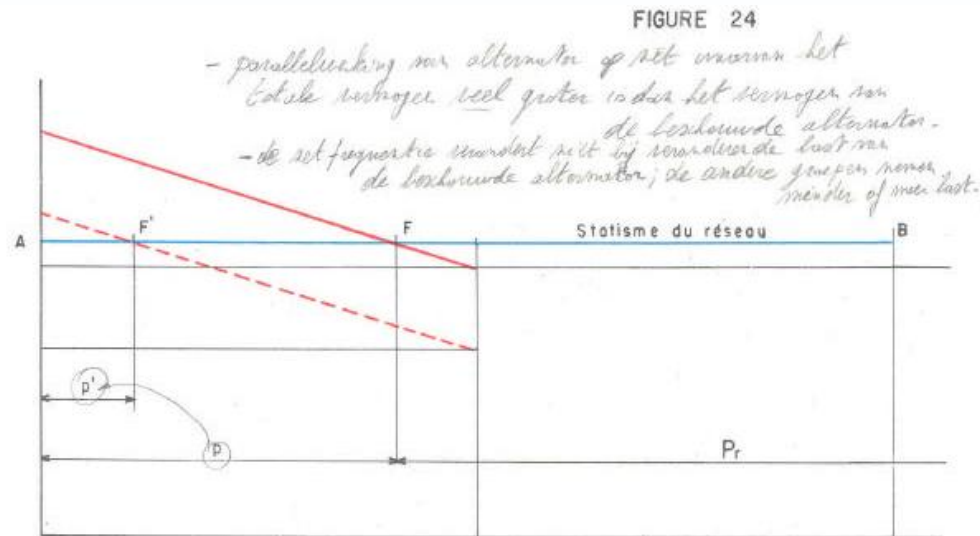
- On peut démontrer que l'ensemble des turbo-alternateurs en parallèle sur un réseau peut être assimilé à un alternateur unique qui aurait un statisme compris entre le statisme le plus faible et le statisme le plus élevé des turbo-alternateurs en parallèle
- Prenons par exemple un turbo-alternateur de 125 MW fonctionnant en parallèle sur le réseau Belge, sa puissance est très faible par rapport à la puissance  $P_r$  du réseau.
- L'ensemble des turbo-alternateurs en parallèle avec lui aurait une courbe de statisme voisine de AB.



## Réglage de la fréquence

Traçons les deux courbes de statisme du turbo-alternateur et du réseau

Le point F de fonctionnement du turbo-alternateur est sur la droite AB. Si nous diminuons la puissance du turbo-alternateur en agissant sur sa régulation secondaire, sa courbe de statisme s'abaisse, le nouveau point de fonctionnement F' est toujours sur la droite AB et la fréquence n'a pas varié.



Donc lorsqu'un groupe turbo-alternateur marche en parallèle sur un réseau de puissance très élevée par rapport à la sienne, en agissant sur sa régulation secondaire, on modifie bien la puissance qu'il fournit mais la fréquence reste constante (elle est maintenue constante par tous les autres groupes du réseau).

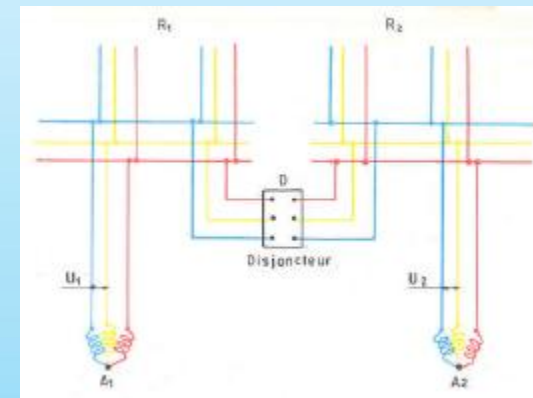
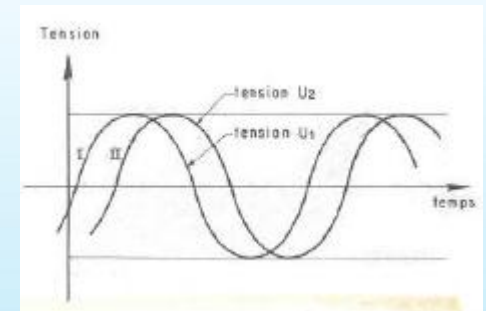
Cette puissance passe, par exemple, de  $p$  à  $p'$

## Réglage de la tension

- La puissance réactive de chaque alternateur est fonction du courant d'excitation de l'alternateur, c'est-à-dire de l'intensité du courant dans le rotor de l'alternateur
- Supposons, par exemple, que deux alternateurs I et II fonctionnent en parallèle sur un réseau séparé, la puissance réactive totale du réseau étant  $Q$  et sa tension  $V$ , l'alternateur I a une puissance réactive  $q_1$  et l'alternateur II  $q_2$ ; si on veut diminuer la puissance réactive de l'alternateur I pour l'abaisser à  $q_1'$ , on diminuera son intensité d'excitation mais comme la puissance réactive totale doit rester la même, on doit augmenter en même temps l'intensité d'excitation de l'alternateur II. **Si la puissance réactive totale des alternateurs était trop faible, la tension du réseau baisserait, si elle était trop élevée, la tension du réseau augmenterait.**
- Les alternateurs sont équipés de régulateurs de tension qui agissent sur les excitations des alternateurs pour maintenir la tension constante. Des limiteurs d'intensité complètent ces régulateurs pour limiter leur action quand l'intensité dans les phases du stator devient trop élevée, en cas de court-circuit par exemple.

## Puissance synchronisante

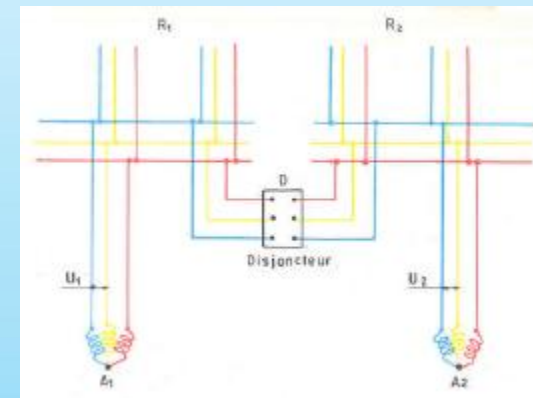
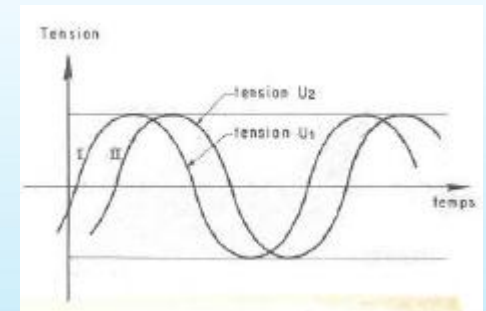
- Considérons deux alternateurs A1 et A2 débitant sur des réseaux séparés R1 et R2. Si nous voulons coupler les deux alternateurs en fermant le disjoncteur D après avoir exécuté tous les réglages nécessaires pour le couplage, les deux alternateurs ne tourneront pas, malgré tout, rigoureusement à la même vitesse quelles que soient les précautions que nous aurons prises. Il en résulte que, même si les tensions efficaces  $U_1$  et  $U_2$  des alternateurs sont égales, les valeurs instantanées des tensions ne seront pas les mêmes à chaque instant.





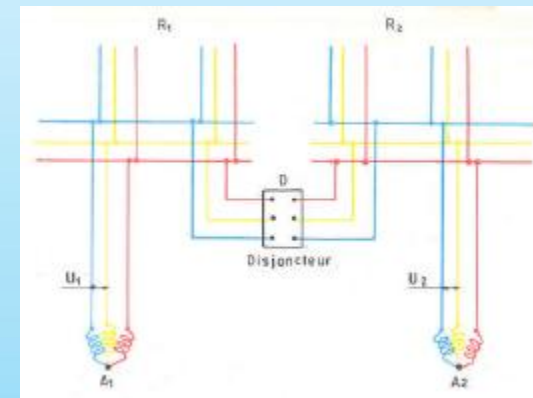
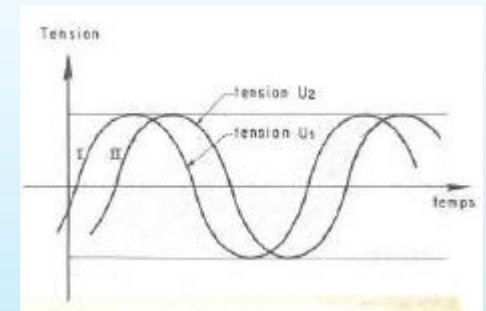
## Puissance synchronisante

- Si nous effectuons le couplage, du fait de la différence des tensions instantanées, le circuit fermé constitué par les deux stators sera parcouru par des courants qui circuleront en sens inverse dans les enroulements. Ces courants d'échange engendreront un couple moteur dans l'alternateur qui tourne moins vite et un couple résistant dans l'alternateur qui tourne plus vite. Le premier accélèrera, le second ralentira.

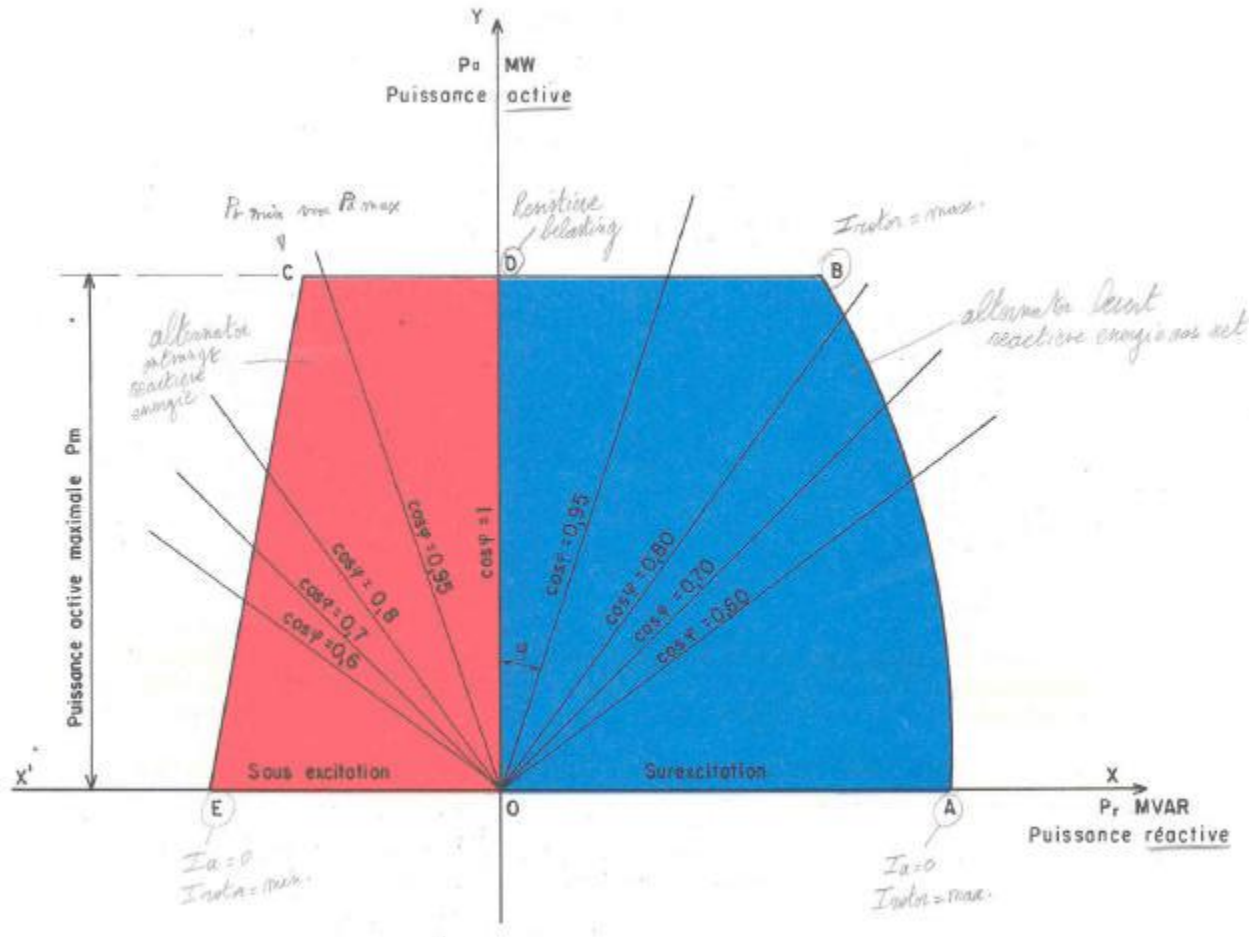


## Puissance synchronisante

- Les deux alternateurs prennent la même vitesse, les courants d'échange s'annulent
- On voit donc que toute tendance à un écart entre les deux vitesses détermine un courant dit « synchronisant ».
- Les deux alternateurs prennent la même vitesse, les courants d'échange s'annulent.
- La puissance qui correspond au courant synchronisant est la « puissance synchronisante » et le couple qui en résulte est le « couple synchronisant ».



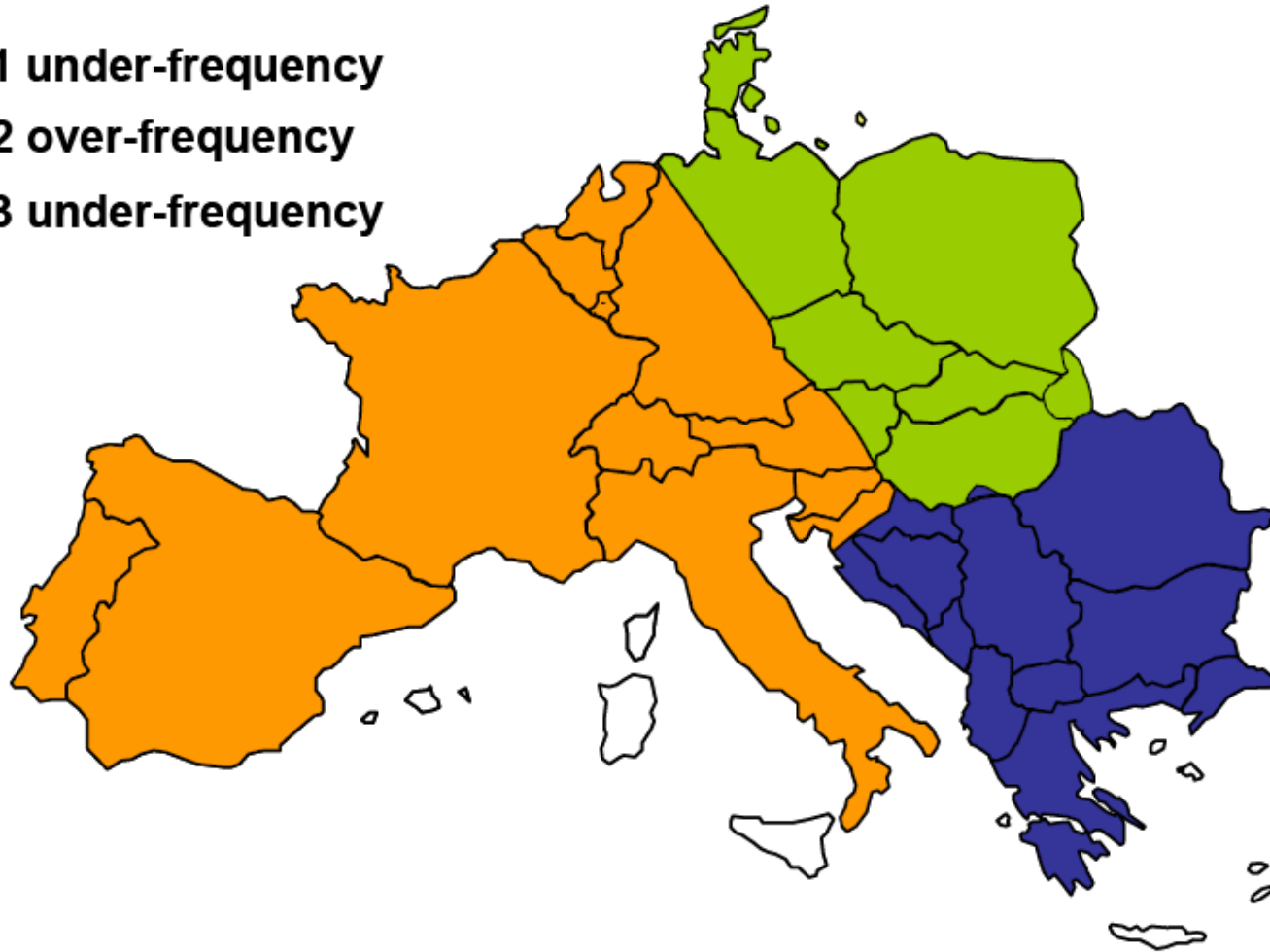
# DIAGRAMME PQ DE L'ALTERNATEUR



## Puissance synchronisante

- Un alternateur étant couplé sur un réseau, si on augmente sa puissance active, sans modifier son excitation, sa puissance synchronisante diminue, sa stabilité est moins grande.
- Si le courant d'excitation est trop faible, l'alternateur au-delà d'une certaine puissance active, ne se maintient plus au synchronisme avec le réseau, on dit qu'il "décroche".
- A ce moment, il absorbe un courant très important, il doit être séparé au plus tôt du réseau par ouverture de son disjoncteur.
- Si l'alternateur fournit de l'énergie réactive au réseau, son excitation est plus élevée, sa stabilité est augmentée.
- Au contraire, si l'alternateur reçoit de l'énergie réactive du réseau, l'intensité de son courant d'excitation sera réduite. Si elle descend en-dessous d'une certaine valeur, l'alternateur décroche.

- Area 1 under-frequency**
- Area 2 over-frequency**
- Area 3 under-frequency**



*Figure 4: Schematic map of UCTE area split into three areas*

# Electrabel NET-INCIDENT DUITSLAND 4 NOV 2006

GDF SUEZ

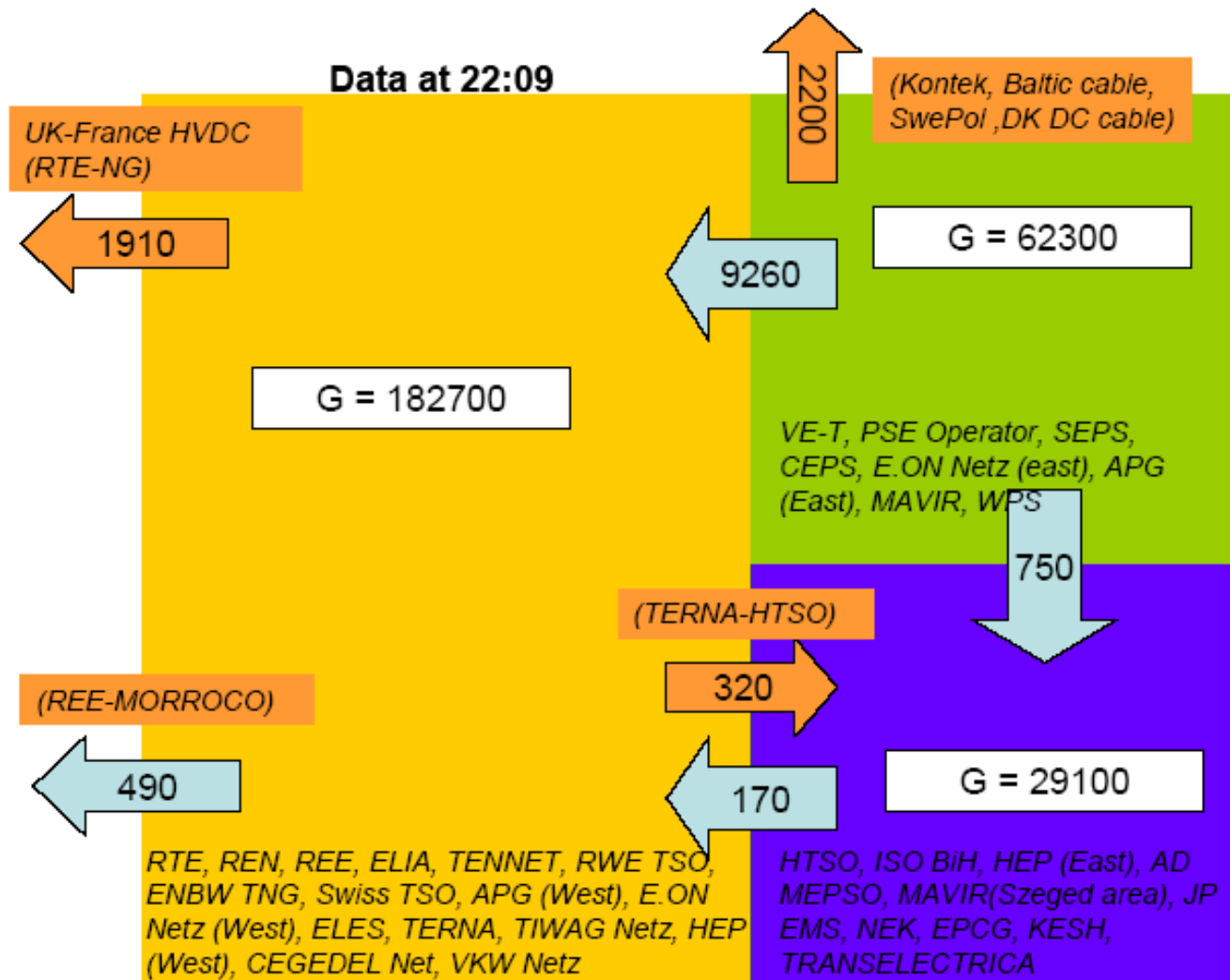


Figure 1: Generation and power flows between the 3 areas just before splitting 4 November 22:09

# Electrabel NET-INCIDENT DUITSLAND 4 NOV 2006

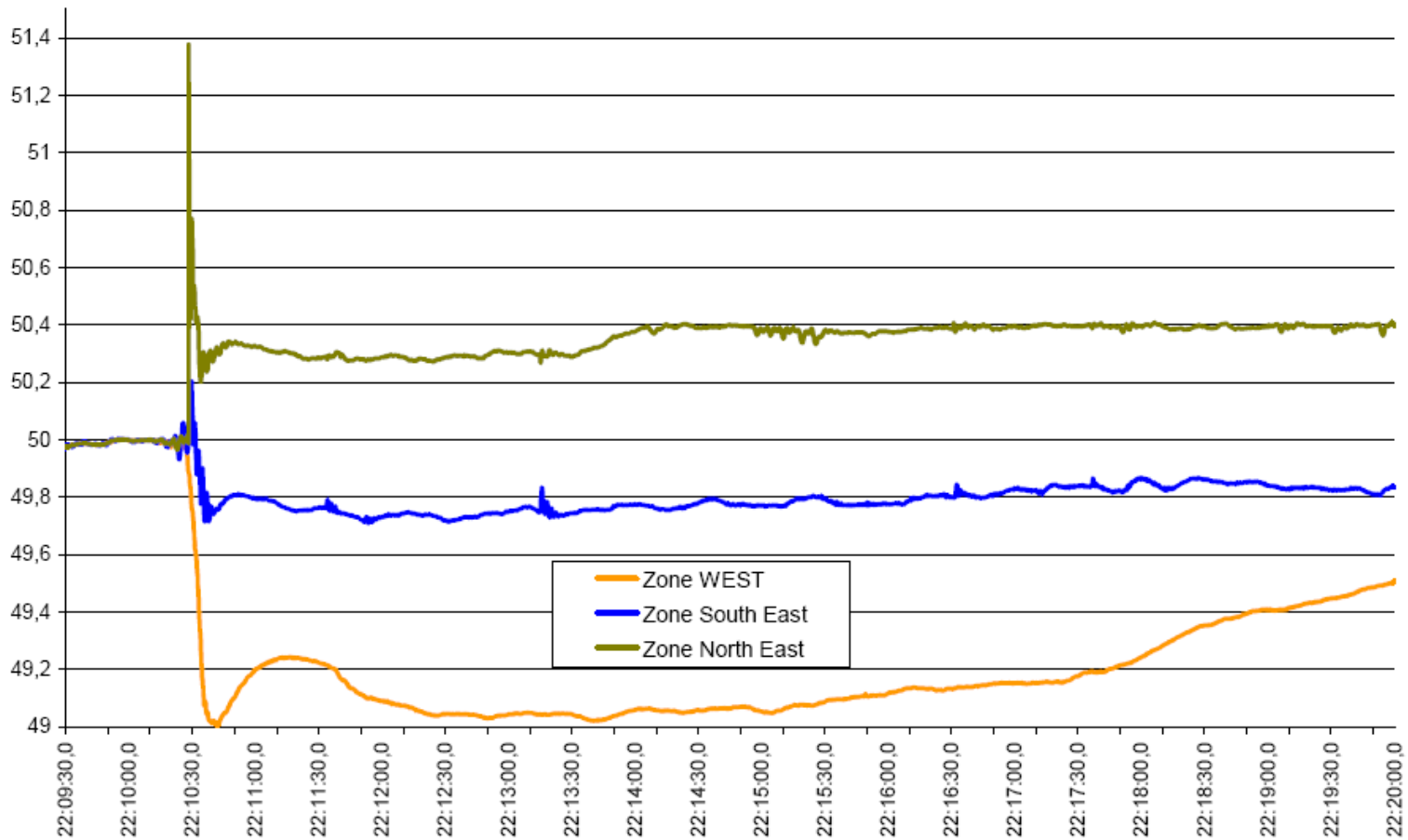
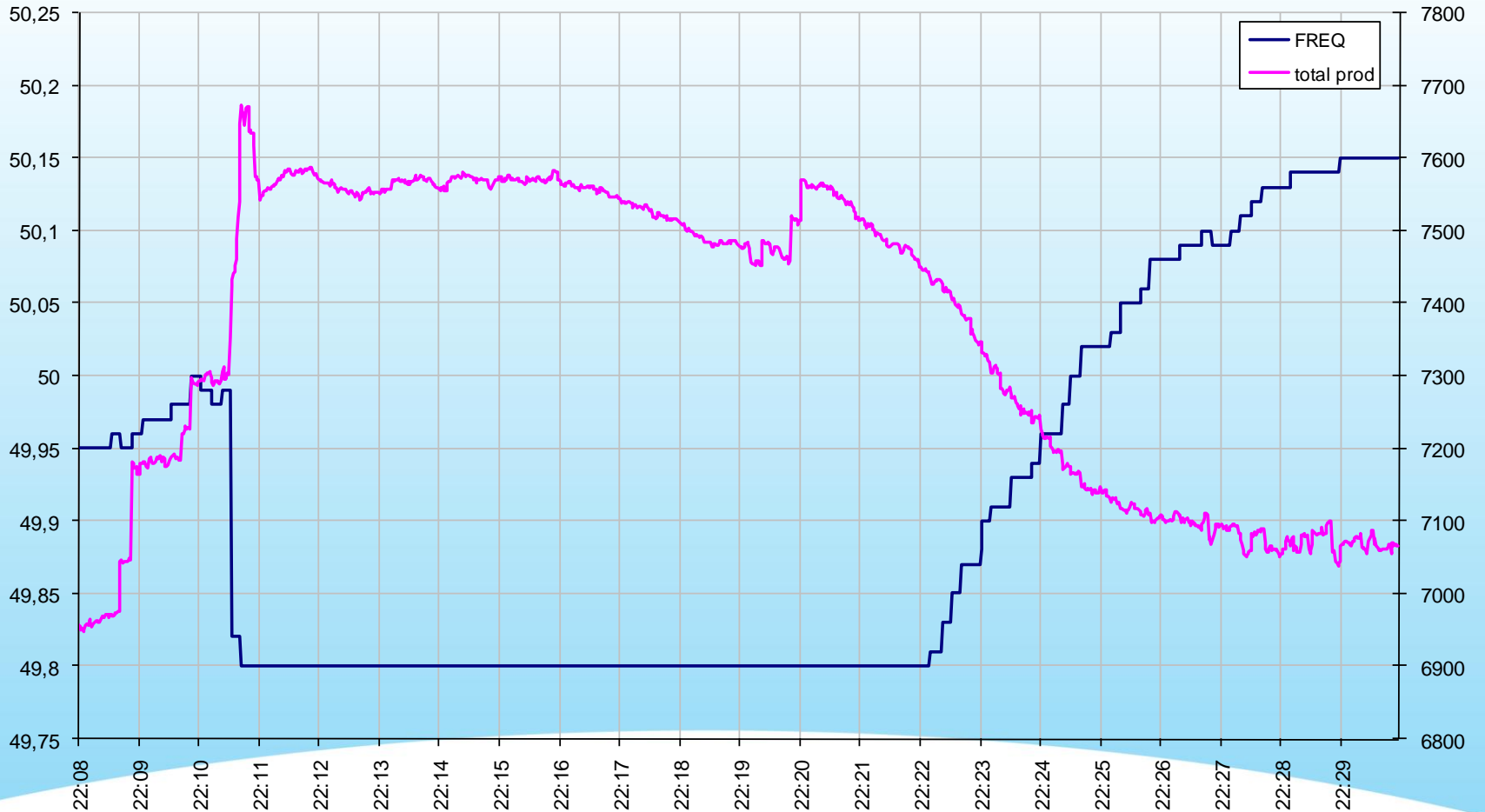


Figure 6: Frequency recordings after the split

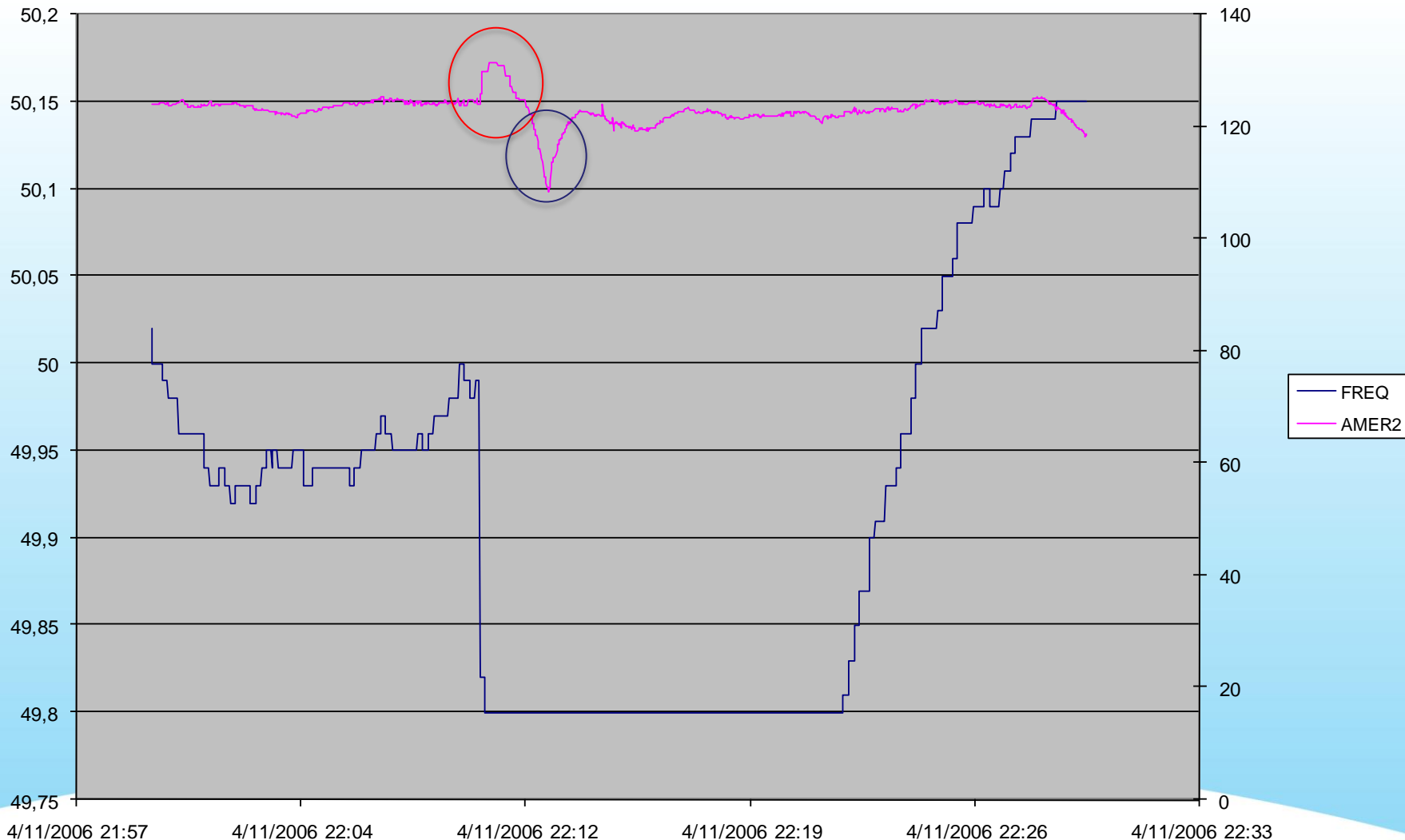
# NET-INCIDENT DUITSLAND 4 NOV 2006: INCIDENCE EN BELGIQUE

Freq drop 04/11/2006

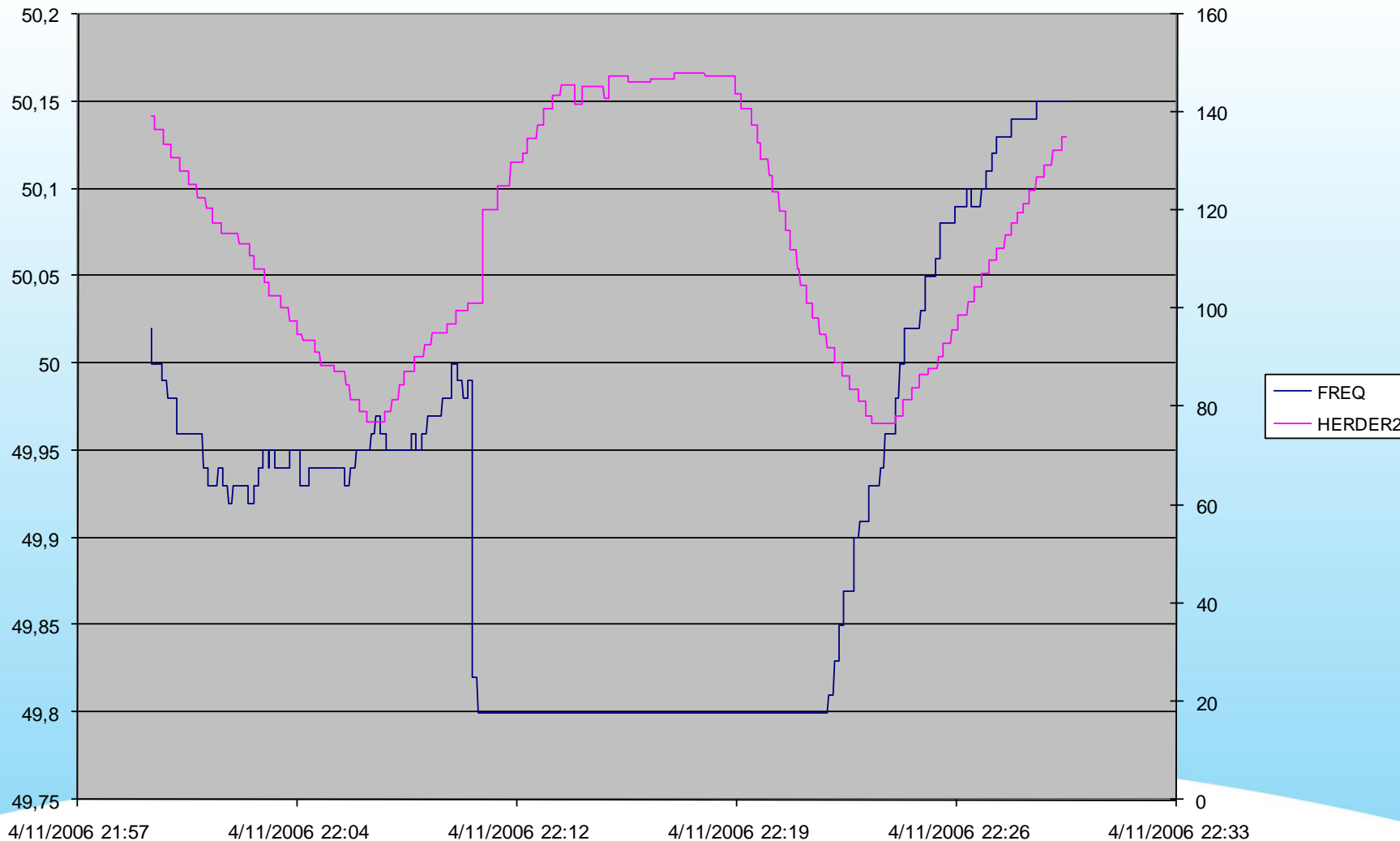




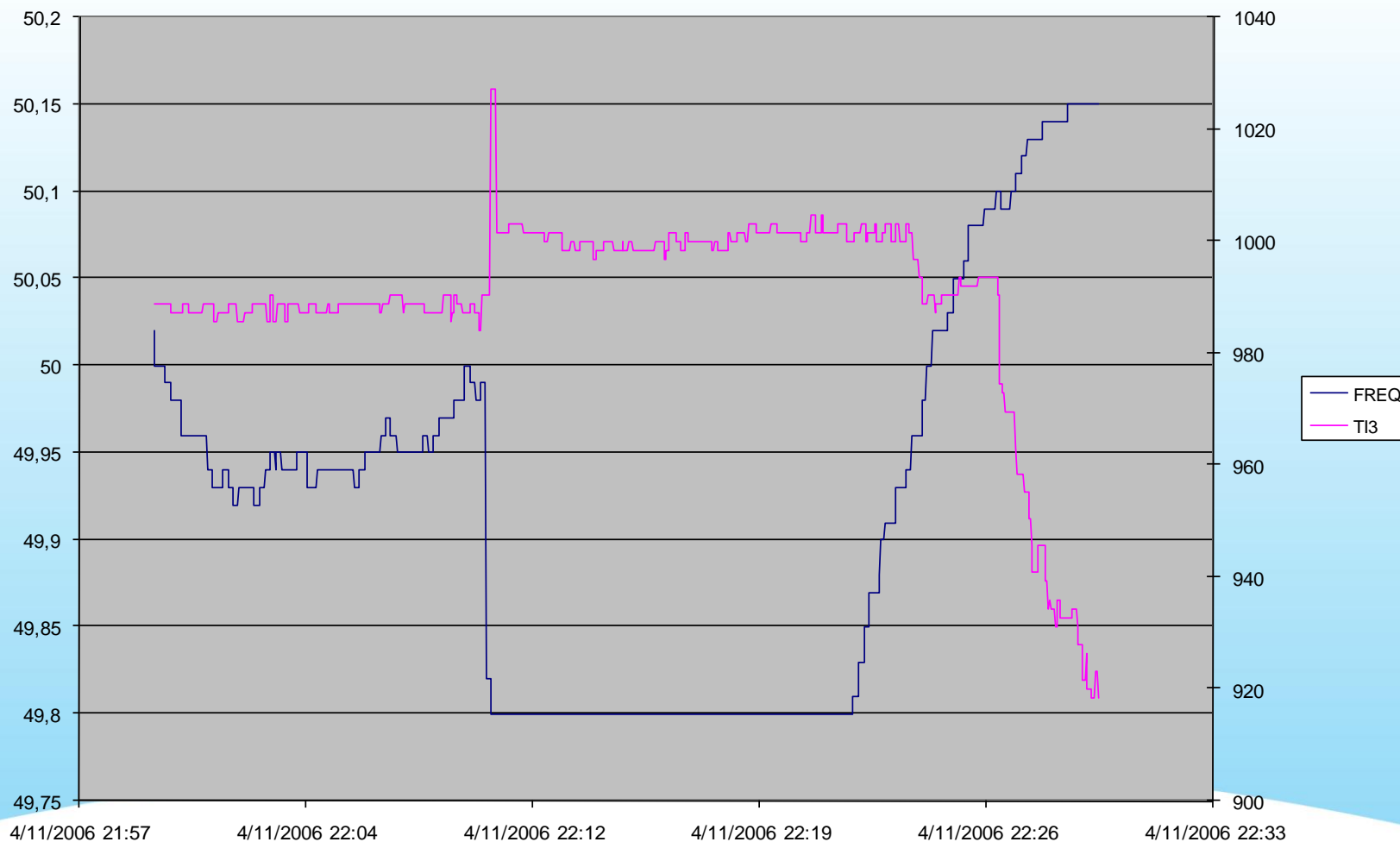
# NET-INCIDENT DUITSLAND 4 NOV 2006: INCIDENCE EN BELGIQUE



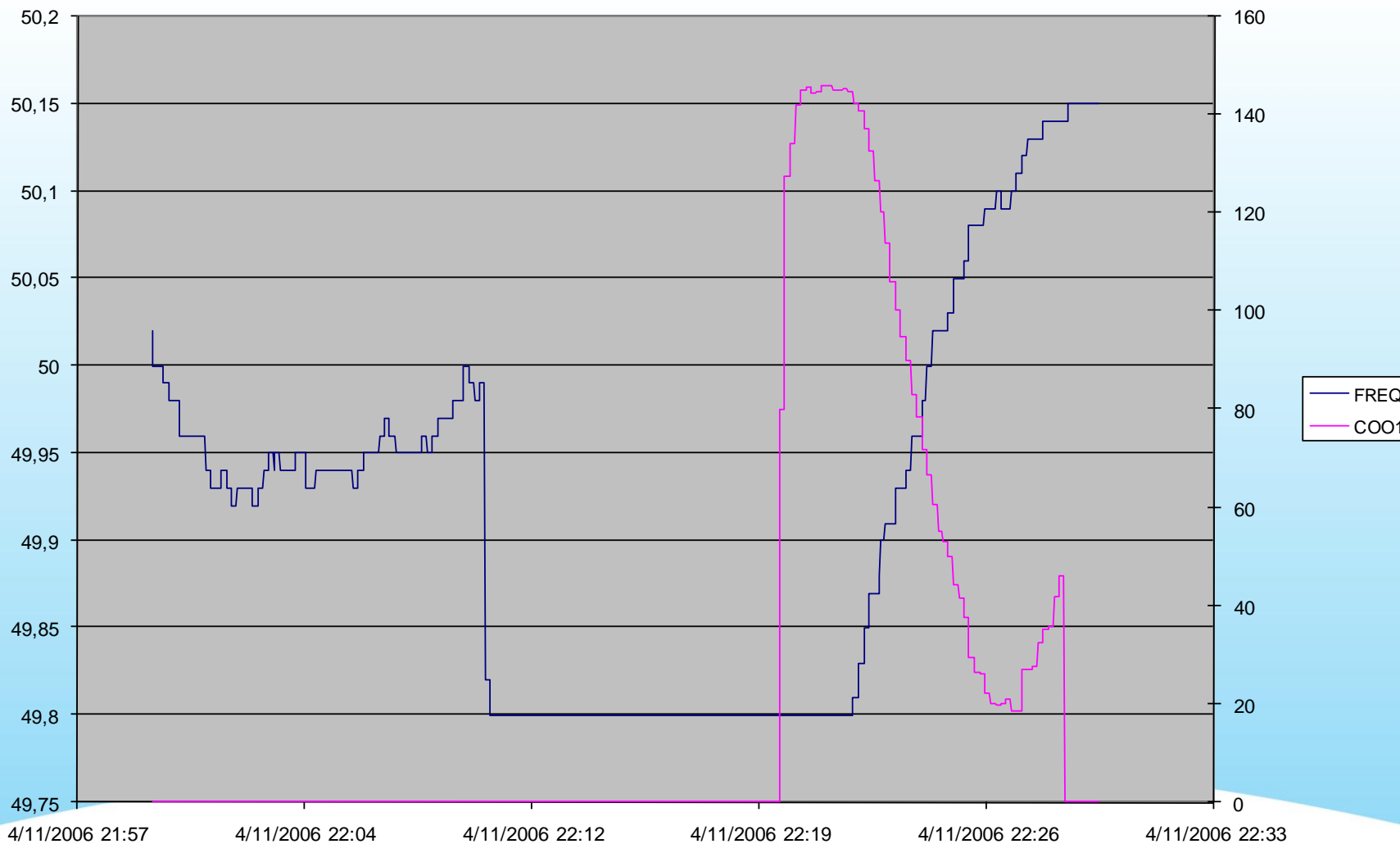
# NET-INCIDENT DUITSLAND 4 NOV 2006: INCIDENCE EN BELGIQUE



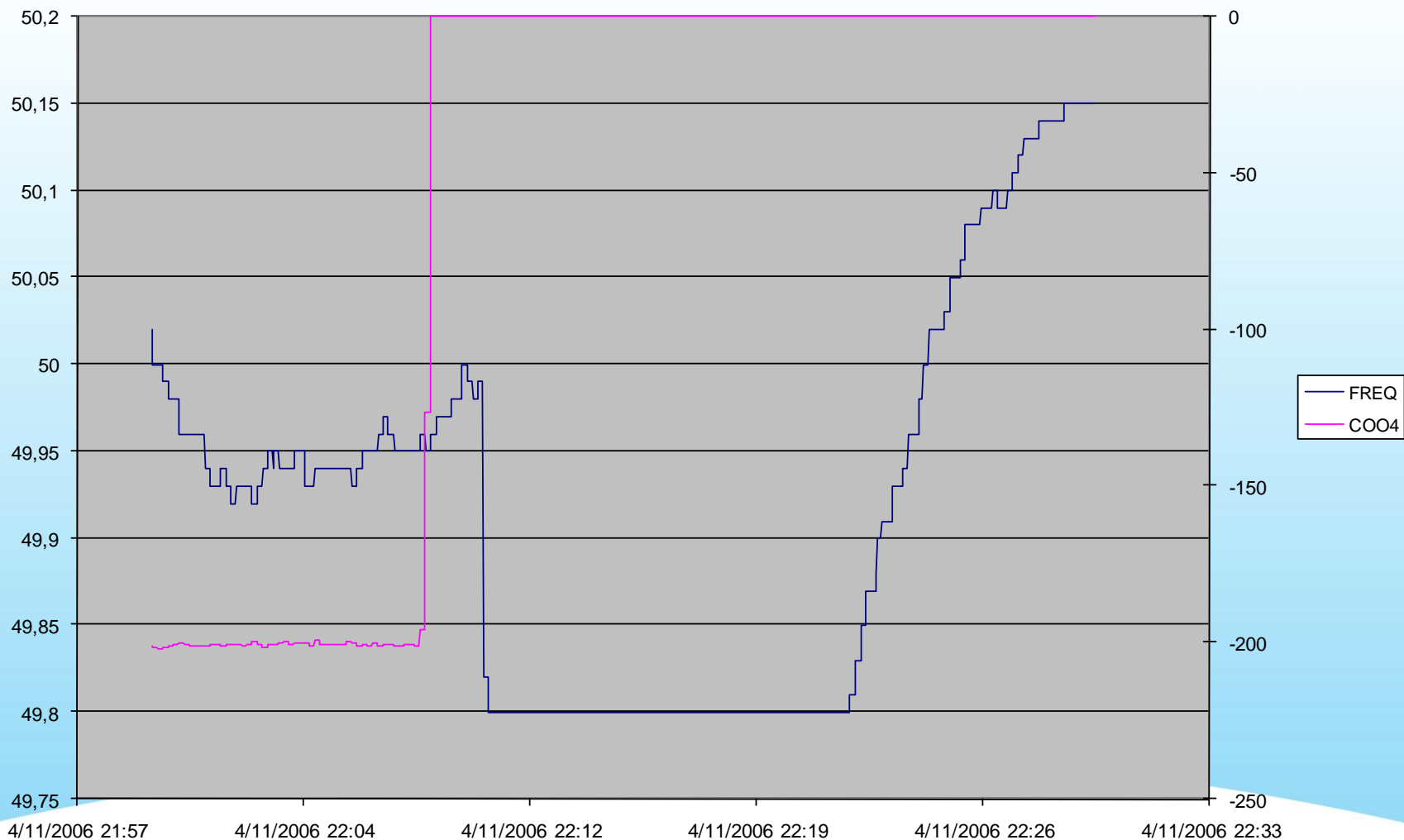
# NET-INCIDENT DUITSLAND 4 NOV 2006: INCIDENCE EN BELGIQUE



# NET-INCIDENT DUITSLAND 4 NOV 2006: INCIDENCE EN BELGIQUE



# NET-INCIDENT DUITSLAND 4 NOV 2006: INCIDENCE EN BELGIQUE



**Vous avez l'énergie.**

**Electrabel**

**GDF SUEZ**