

## Systèmes de conduite des grands réseaux électriques

- Fonctions et structures des systèmes d'énergie électrique
- Fonctionnement physique des systèmes d'énergie électrique
- Centres de conduite
- Problèmes ouverts (1 séance de type séminaire)

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Fonctions logicielles

- Estimation d'état et prédiction de la charge
- Analyse et amélioration de la sécurité
- Optimisation du fonctionnement
- Marchés électriques

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Plan du cours

- Comment mesurer la sécurité d'un réseau
- Décomposition physique
- Schéma classique d'évaluation de la sécurité
- Prise de décision :
  - préventif
  - curatif

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Comment mesurer la sécurité

- Notion de scénario
  - Système électrique (modèle de comportement)
  - Situation avant perturbation (topologie, flux, ...)
  - Perturbation
- Mesures de la sévérité d'un scénario
  - Profondeur et étendue de la dégradation post-incident
  - Vitesse et durée de la dégradation
- Mesures de la sécurité d'une situation
  - Probabilité des scénarios sévères
  - Sensibilité des sévérités par rapport aux incertitudes

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Exemple : sécurité statique

- Profondeur : mesurer combien de contraintes sont violées et leur degré de violation
  - Vitesse et durée : dépend à la fois du type de contraintes violées et du degré de violation
- ⇔ Indicateurs de sévérité (exemple : réseau belge)

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Suite de l'exemple

- Probabilité des incidents les plus sévères
  - Météo, âge du matériel, type de défaut
- Sensibilité vis-à-vis des incertitudes
  - Quelles sont les grandeurs qui influencent le plus la sévérité ?
  - Quelle est la probabilité que ces grandeurs évoluent (dans le mauvais sens) ?
  - Quelle est la marge (ou distance) à l'insécurité ?

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Synthèse

- Un logiciel d'analyse de la sécurité doit aider l'opérateur à percevoir la sécurité de son réseau selon ces différents critères
- L'opérateur peut alors prévoir les problèmes et décider s'il faut agir
- Il faut en plus fournir des aides en termes de suggestions de commande préventive et/ou curative

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

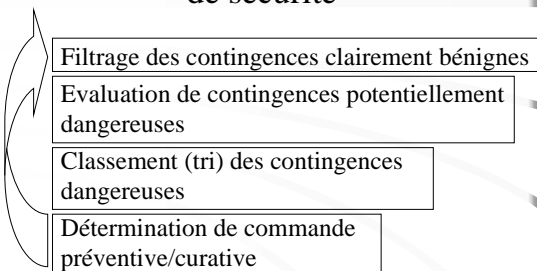
## Notions de marges

- En post-incident
  - Mesure le degré de stabilité/instabilité du comportement suite à une perturbation
  - Relatif à un incident donné
- En pré-incident
  - Mesure la distance à un comportement post-incident inacceptable
  - Relatif à une situation de réseau donnée

1/18/01

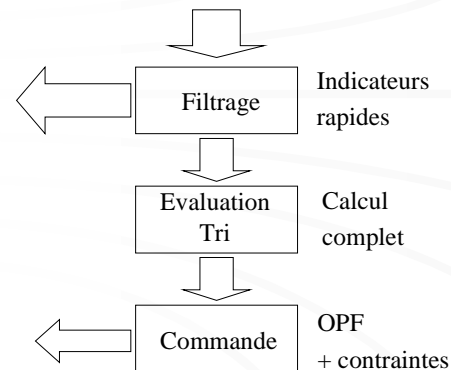
ELEC-026 - 2000/2001

## Structure classique d'un logiciel de sécurité



1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001



1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Décomposition physique

- Sécurité statique
  - Sécurité de tension
  - Stabilité transitoire
- Décomposition justifiée par
- Nature différente des phénomènes (gravité)
  - Besoins différents en termes de modélisation
  - Faisabilité de l'analyse en temps réel

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Sécurité statique

- Exemple de logiciel : PLAIRE
- Principe:
  - Calcul de l'état après incident au moyen du loadflow
  - qq minutes pour une analyse de 800 incidents sur le réseau belge
- Manque la partie commande : SCOPF

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Sécurité de tension

- ASTRE
  - Modélisation dynamique lente
  - Simulation dynamique efficace
  - Critère(s) de détection d'instabilité
  - Calcul de marges (pre- ou post-incident)
  - Commande : à l'état de recherche (préventif et curatif)

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Stabilité transitoire

- SIME
  - Extension du critère des aires aux réseaux multi-machines
  - Couplage avec simulation dynamique
  - Calcul de marges post-incident (stables ou instables)
  - Calcul de sensibilités marge vs production active
  - Détermination de contraintes sur les productions actives, rejet de production

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Remarques

- Limitations des outils
- Temps de calcul (cf parallélisation)
- Limitations des modèles
- Interactions/antagonismes entre sous-problèmes de sécurité

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Notions importantes

- TTC : total transfer capability
- ATC : available transfer capability
- ⇒ Sur les axes ou interfaces importants
- Règles d'exploitation
  - Indiquent ce qu'il faut faire pour assurer la sécurité (démarrer groupe, armer rejet de production...)

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Détermination des règles d'exploitation

- Etudes en temps différé
- Exemples
  - CPTÉ : sécurité statique
  - Hydro-Québec : stabilité transitoire
  - EDF : sécurité de tension

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

## Construction de critères de sécurité

(NB: étude réalisée par EDF)

Critère de décision pour le démarrage et l'engagement de générateurs (France, Côte d'Azur), afin de réduire les risques d'instabilités de tension.

### Règle utilisée avant cette étude :

Si le transit (ouest ⇒ est) est supérieur à 2600 MW  
⇒ démarrer groupe local ou augmenter la production locale afin de réduire le transit


### Nouvelle règle mise au point dans cette étude :

Si tension basse à Realtor ou production réactive élevée dans la vallée de la Durance  
⇒ démarrer ou augmenter production locale

1/18/01

ELEC-026 - 2000/2001

### Résultats concrets de l'étude



**Ancienne règle évaluée sur un grand nombre de cas (10000) :**

- Trop de fausses alarmes (dépenses inutiles)
- Malgré cela, le risque de non-détection est non négligeable


**Nouvelle règle :**

- Plus sélective: économies
- En même temps, le risque de non-détection est plus faible

→ Validation systématique du critère de sécurité  
 → Etude plus systématique (à durée comparable)  
 → Mises à jour quasi-automatiques

ELEC-026 - 2000/2001

### Estimation de l'impact économique



**Conditions d'exploitation :**

- Utilisation de l'ancienne règle en gestion prévisionnelle
- Nouvelle règle utilisée en conduite (pour fixer le niveau de production local)

⇒ **Profit d'environ 2 M\$ pour l'année 1998**

**Etape suivante :**

- ⇒ Incorporation de la nouvelle règle en gestion prévisionnelle
- ⇒ Gains supplémentaires escomptés

ELEC-026 - 2000/2001

### Synthèse

- Outils d'analyse de la sécurité en temps réel se complètent pour traiter le problème global
- Règles d'exploitation
  - Explicites et faciles à mettre en oeuvre
  - Souvent trop conservatives
  - Complémentaires aux logiciels d'analyse

1/18/01 ELEC-026 - 2000/2001

### Analyse de sécurité probabiliste (en développement)

- Dans un contexte donné un grand nombre de scénarios sont possibles
- Mais pas tous de même probabilité et/ou sévérité

⇨ Besoin d'un indicateur synthétique du risque d'insécurité combinant

- Sévérité des conséquences
- Probabilité des scénarios (fonction du contexte)

⇨ Décisions devraient minimiser le risque

1/18/01 ELEC-026 - 2000/2001