

L' Algorithme de Kohonen appliqué a l'Evaluation de la Sécurité d 'un Système d'Energie Electrique

Gonzalo Joya
Dpto. Tecnología Electrónica
ETSI Telecomunicación
Universidad de Málaga
29017 Málaga
joya@dte.uma.es

París, le 21 fevrier 2003



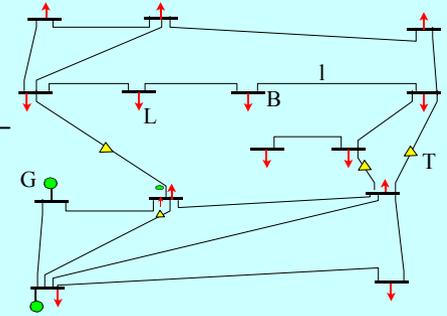
*Dpto. Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga*

Plan

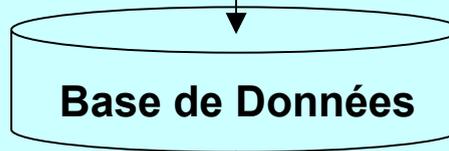
- 1. Estimation d' Etat et Evaluation de la Sécurité**
- 2. Objectifs de l'Evaluation de la Sécurité**
- 3. Analyse de contingences.**
 - Description du problème**
 - Solution classique**
 - Solutions basées sur les RNAs**
- 4. Une première approximation. Evaluation de l'état actuel**
- 5. Une deuxième approximation. Provision d'actions de contrôle en temps réel**
- 6. Une troisième approximation. L'Analyse de Contingences**
- 7. Conclusions**
- 8. Références**



Estimation d'Etat et Evaluation de la Sécurité



Télétransmission des mesures



Topologie du réseau

Estimation d'État

Modèle du système

Modèle externe

Évaluation de la Sécurité

Prévision de contingences possibles

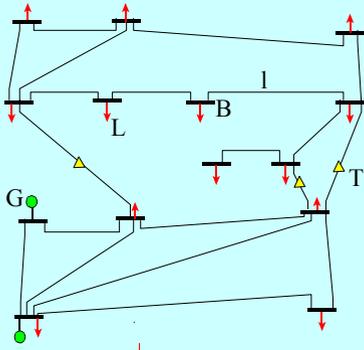
Évaluation de l'état actuel

Actions de contrôle

Temps réel

Temps réel ?

Objectifs de l'Evaluation de la Sécurité



Objectifs:

- 1 Déterminer le degré de sécurité (sûr, critique, dangereux) de l'état présent.
- 2 Déterminer le degré de sécurité (sûr, critique, dangereux) de l'état présent en rapport avec une éventuelle faille de quelque composant du système.
(Analyse de Contingences)
- 3 Proposer les actions de contrôle appropriées pour conserver ou retrouver une situation de sécurité acceptable.

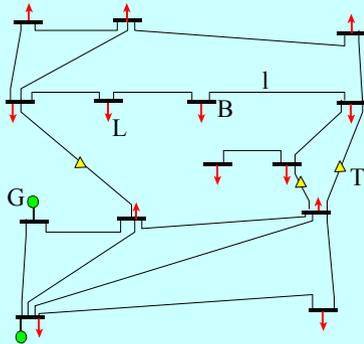
Restrictions pour la sécurité

Valeur limite du courant (flot de puissance) dans chaque ligne

Valeurs limites du voltage dans chaque bus

Analyse de contingences

Description du problème



Des variables d'entrée:

Flots de Puissance active et réactive
en chaque ligne pour l'état présent
ou génération de puissance et injections

Deux approches possibles

Numérique

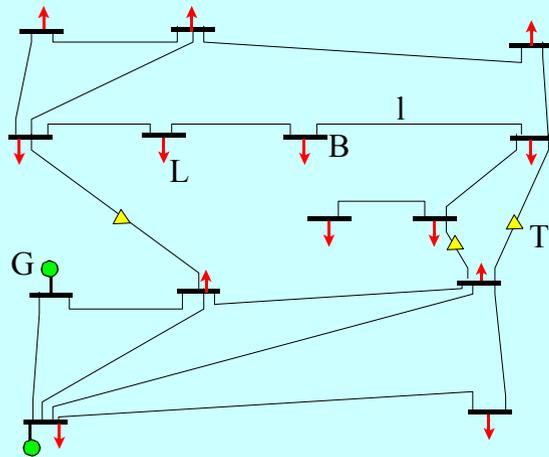
a) *Performance Index*, lequel doit
ordonner les possibles contingences selon leur
degré de risque (*Contingency Ranking*)

Qualitative

b) Sortie graphique qui doit permettre la
visualisation directe du degré de risque

Analyse de contingences

Solution classique



IEEE-14

- Grupo
- ↑ Carga
- △ Transformador

Méthode numérique:

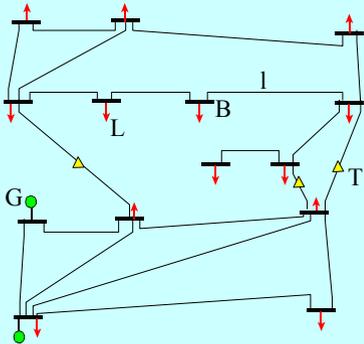
1. Solution du problème du **Calcul du Flot de charge** pour chaque contingence .
2. Calcul du correspondant **PI** pour chaque contingence
3. Ordonner les contingences selon leur degré de gravité.

Des limitations:

1. Le premier pas empêche une solution en temps réel.
2. Les solutions ne sont pas faciles à interpréter pour un opérateur
3. Peut être que la méthode ne converge pas.

Analyse de contingences

Solutions basées sur les RNAs



Des variables d'entrée:

Flots de Puissance active et réactive
en chaque ligne pour l'état présent
ou génération de puissance et injections

Approche Fonctionnelle (Numérique)

a) *Performance Index*, lequel doit
ordonner les possibles contingences selon leur
degré de risque (*Contingency Ranking*)
(Des Paradigmes type *Perceptron Multicouche*)

Approche Visuelle (Qualitative)

b) Sortie graphique qui doit permettre la
visualisation directe du degré de risque.
(Des Paradigmes type *Carte de Kohonen*)

L'Algorithme d'auto-organisation de Kohonen (SOM)

L'algorithme

- Choix des valeurs initiales de a et V
- Initialisation aléatoire des poids .
- Normalisation
- Répéter jusqu'à convergence

- Présentation d'un patron d'entrée

$$x_k = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn})$$

- Détermination du neurone le plus actif

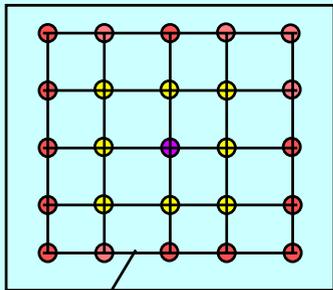
$$\max_j (|w_j \cdot x_k|)$$

- Mise à jour des poids dans le voisinage V du neurone le plus actif

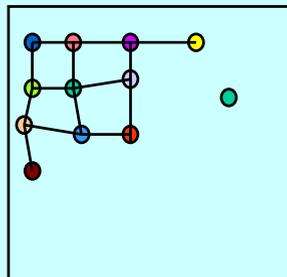
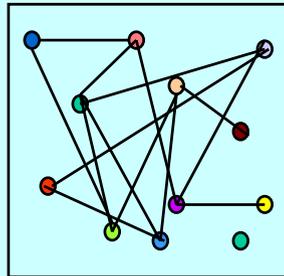
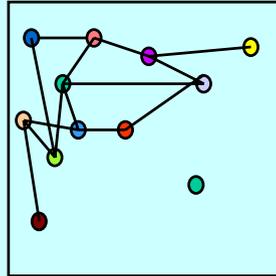
$$w_j(t+1) = w_j(t) + a(x_k - w_j)$$

- Normalisation de w
- Mise à jour de a et V

Topologie



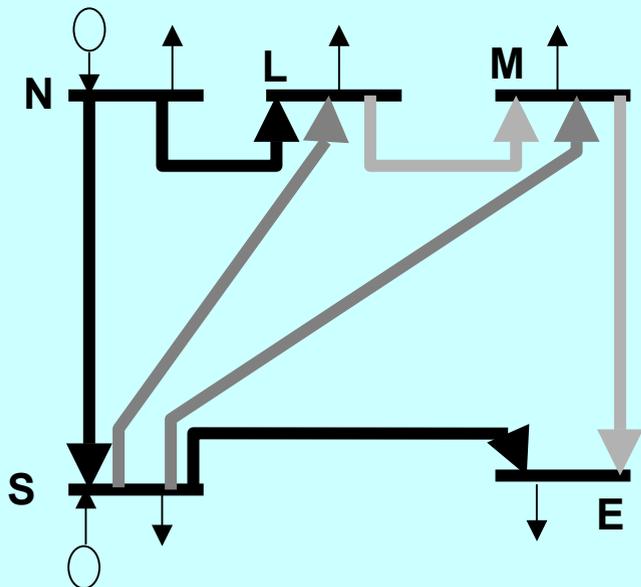
$$w_j = (w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jn})$$



Une première approximation.

Evaluation de l'état actuel

(D. Niebur et A.J. Germond)



Le vecteur du cas de base (MW,MVar)

(41,-2, 90,-30, 55,9, 28,5, 25,6, 19,-7, 6,-3)
N-L, N-S, S-E, S-M, S-L, L-M, M-E

Le cas d'étude

Réseau de 5 bus et 7 lignes

Vecteur d'entrée

Vecteur de flots de puissance
(active et réactive) de chaque ligne

Contingences analysées

Toutes les simples et doubles
contingences de charge et génération

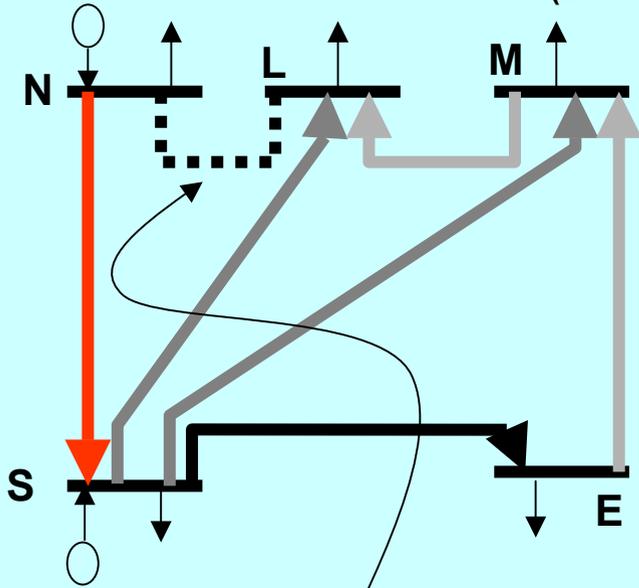
Obtention de vecteurs pour l'entraînement

A partir d'un cas de base on obtient l'état
pour chaque possible contingence

Une première approximation.

Evaluation de l'état actuel

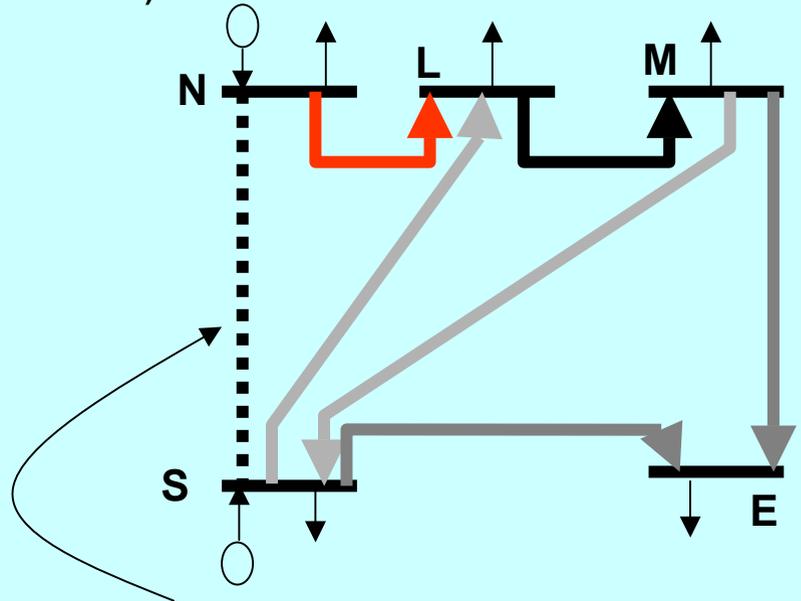
(D. Niebur et A.J. Germond)



Contingence à la ligne N-L (MW,MVar)

(0,0, 133,-40, 63,10, 43,7, 43,8, -3,-7,-1,-3)

N-L, N-S, S-E, S-M, S-L, L-M, M-E



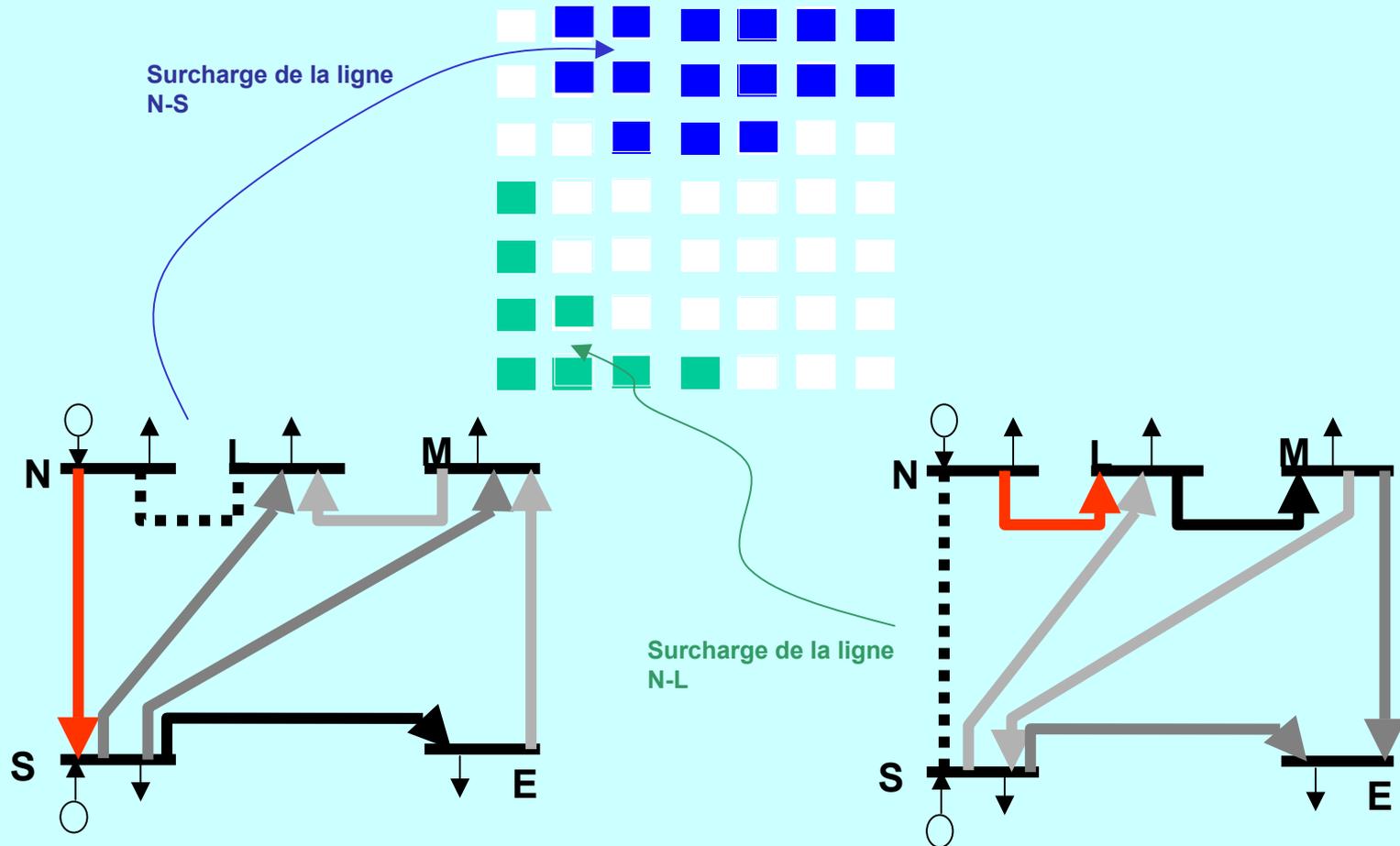
Contingence à la ligne N-S

(145,-4, 0,0, 40,17, -4,22, -15,30, 67,-33, -22,-11)

N-L, N-S, S-E, S-M, S-L, L-M, M-E

Une première approximation. Evaluation de l'état actuel

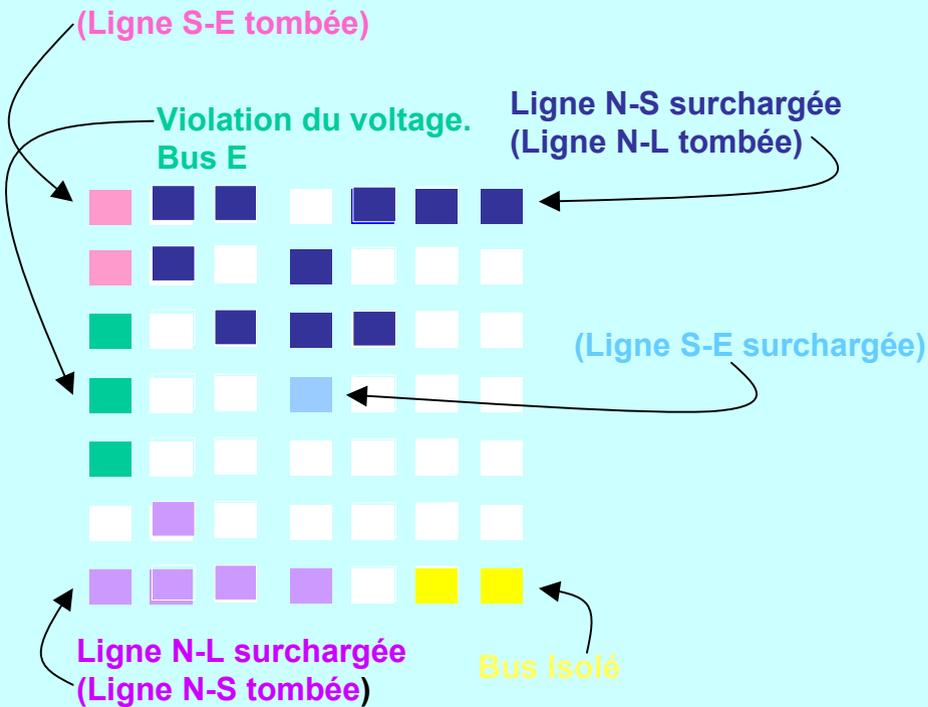
(D. Niebur et A.J. Germond)



Une première approximation. Evaluation de l'état actuel

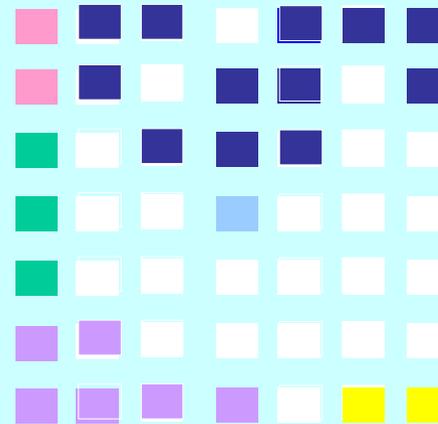
(D. Niebur et A.J. Germond)

Evaluation de l'apprentissage



- 184 nouveaux vecteurs
- Variation uniforme de la charge et la génération du cas de base (90,95,105,110%)

Distribution des vecteurs tests



Distribution des vecteurs originaux



**Une deuxième approximation.
Provision d'actions de contrôle en temps réel**
(C. Leder and C. Rehtanz)

Idée:

**Profiter des facilités pour la classification des paradigmes
non supervisés.**

**Obtenir un ensemble réduit de vecteurs d'état sur lequel faire
toutes les études hors temps réel**

Cas d'étude

Réseau de 150 bus et 200 lignes

Evaluation de la stabilité du voltage



Une deuxième approximation. Provision d'actions de contrôle en temps réel

(C. Leder and C. Rehtanz)

Schéma d 'Opération

Hors temps réel

Génération des vecteurs
d ' apprentissage

5.000 vecteurs d 'état
(contingences et non-contingences)
(valeur de génération et charges
aléatoires)

Appliquer l ' Algorithme
de Kohonen

ACP: 12 valeurs de resserve de
puissance réactive de générateurs
et des injections de puissance active

15x15 SOM

Analyser le niveau de
sécurité des vecteurs
prototypes

Méthode Analytique

Obtenir les actions de
contrôle appropriées pour
chaque vecteur prototype

En temps réel

Pour chaque nouvel état,
déterminer le vecteur
prototype associé

Assigner à l état présent
les indicateurs de sécurité
de son prototype

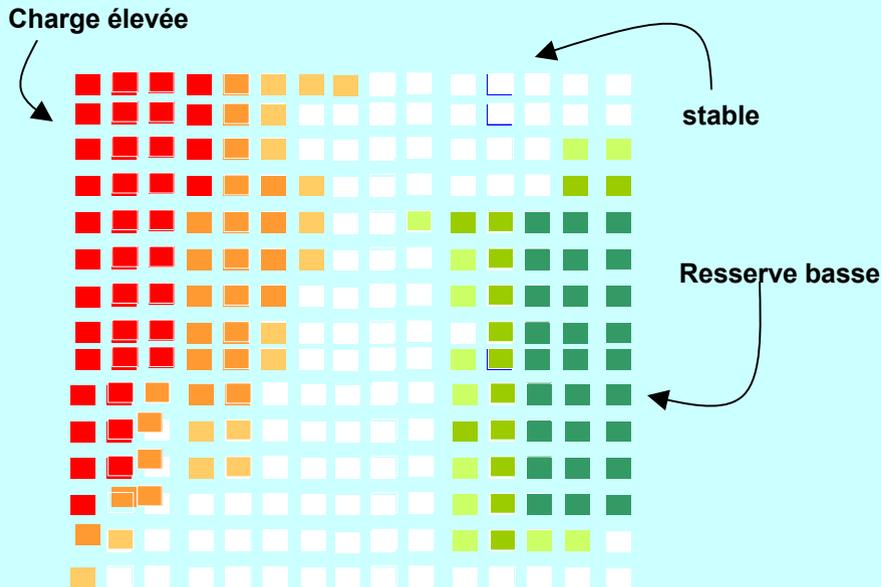
Générer les actions de
contrôle assignées par
les opérateurs



Une deuxième approximation. Provision d'actions de contrôle en temps réel

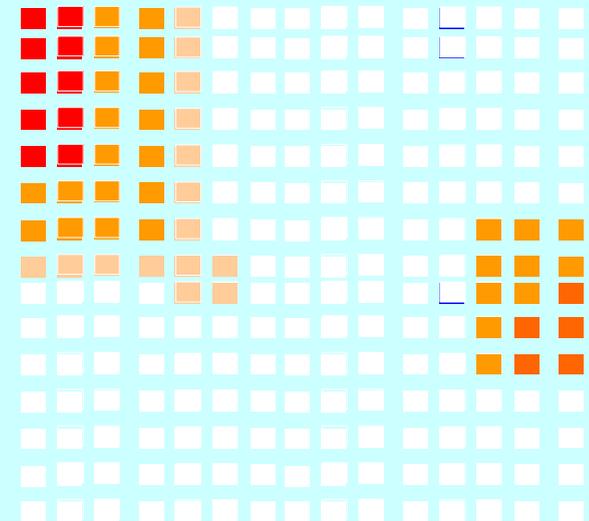
(C. Leder and C. Rehtanz)

Carte de situations



- On permet un incrément de charge de 20%
- On permet un incrément de charge de 30%
- On permet un incrément de charge de 40%

Carte d'actions

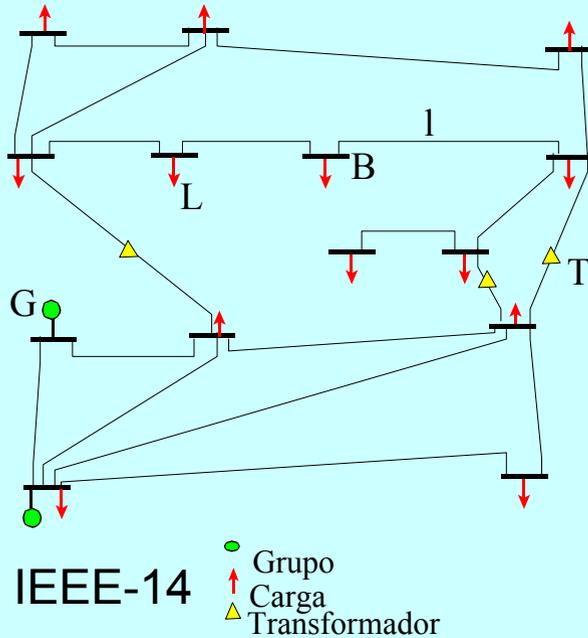


- Délestage des charges
- Blocage des transformateurs
- Génération Maximale
- Sans actions

Une troisième approximation. L'Analyse de Contingences

(F. Garcia-Lago, G. Joya, F. J. Marin et F. Sandoval)

**Une seule carte de Kohonen
est entraînée**



Taille: 10x10

Vecteur d'entrée: Flots des puissances Actives (Réactives) de chaque ligne.

900 vecteurs d'apprentissage

Règle d'adaptation des poids

$$w_i(t+1) = w_i(t) + l_r h_{iv}(x - w_i(t))$$

$$l_r(t) = l_{r0} / (1 + \frac{ct}{nn})$$

**Une troisième approximation.
L'Analyse de Contingences**
(F. Garcia-Lago, G. Joya, F. J. Marin et F. Sandoval)

**Pour chaque vecteur et chaque Contingence
le «Performance index» est calculé**

**Une seule carte de Kohonen
est entraînée**

**Pour chaque contingence les vecteurs
sont classifiés en fonction de leur valeur
du PI**

Taille: 10x10

Vecteur d'entrée: Flots des puissances
Actives (Réactives) de chaque ligne.

**La carte de Kohonen distribue ces
classes d'une manière différente pour
chaque contingence**

900 vecteurs d'apprentissage

Règle d'adaptation des poids

$$w_i(t+1) = w_i(t) + l_r h_{iv}(x - w_i(t))$$

$$l_r(t) = l_{r0} / (1 + \frac{ct}{nn})$$



Une troisième approximation. L'Analyse de Contingences

Indices pour l'Evaluation et Generation des Vecteurs d'Apprentissage

Performance Indexes

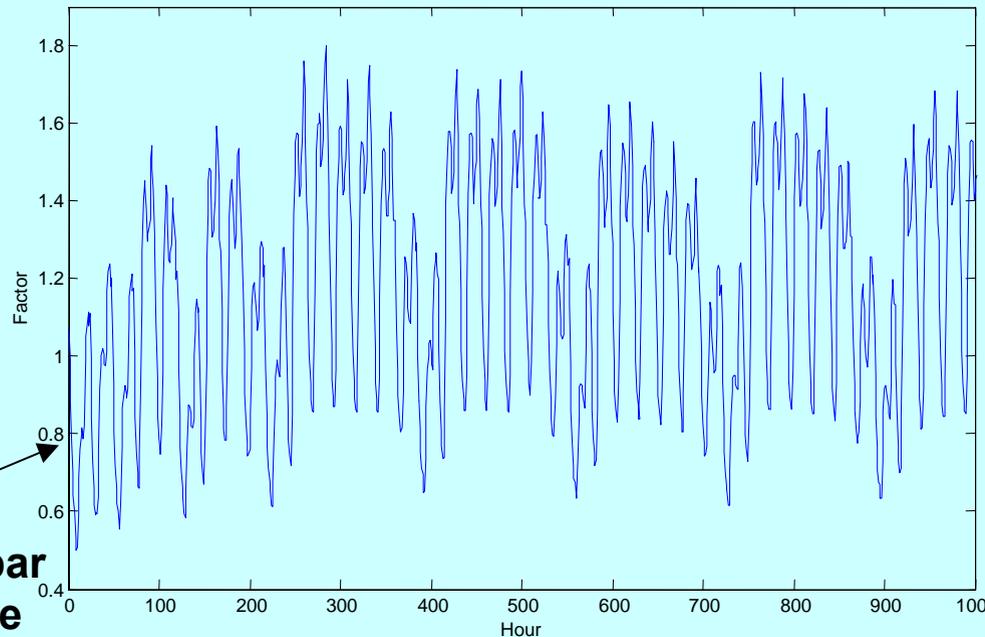
$$PI_p = \sum w_{pL} (P_L / P_{L,lim})^2$$
$$PI_v = \sum_{\beta}^{\alpha} w_{vi} (|V_i - V_{i,lim}|) / V_{i,lim}$$

Génération des vecteurs d'apprentissage

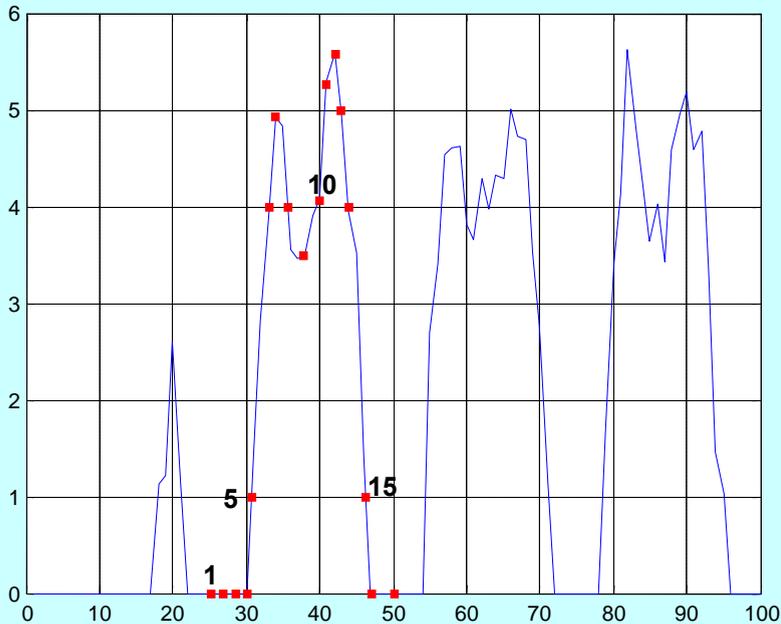
La charge base est pondérée par un coefficient [0.5,1.8] et distribuée entre les différents bus.

La charge de chaque bus est modifiée par un bruit avec une distribution normale de moyenne 0 et d'écart type 2%.

Courbe du coefficient de multiplication de la charge base



Une troisième approximation. L'Analyse de Contingences Utilisation pour la prédiction



Valeur du Performance Index pour les patrons de test



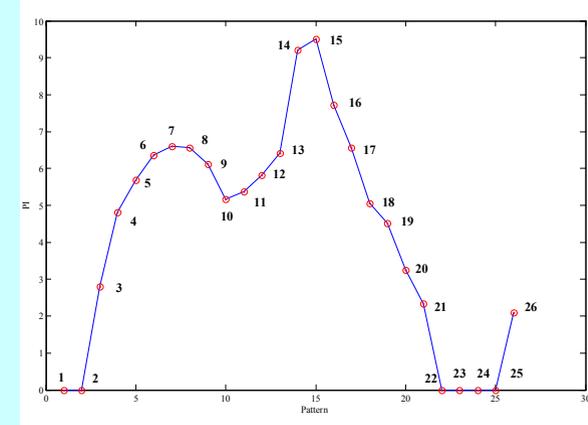
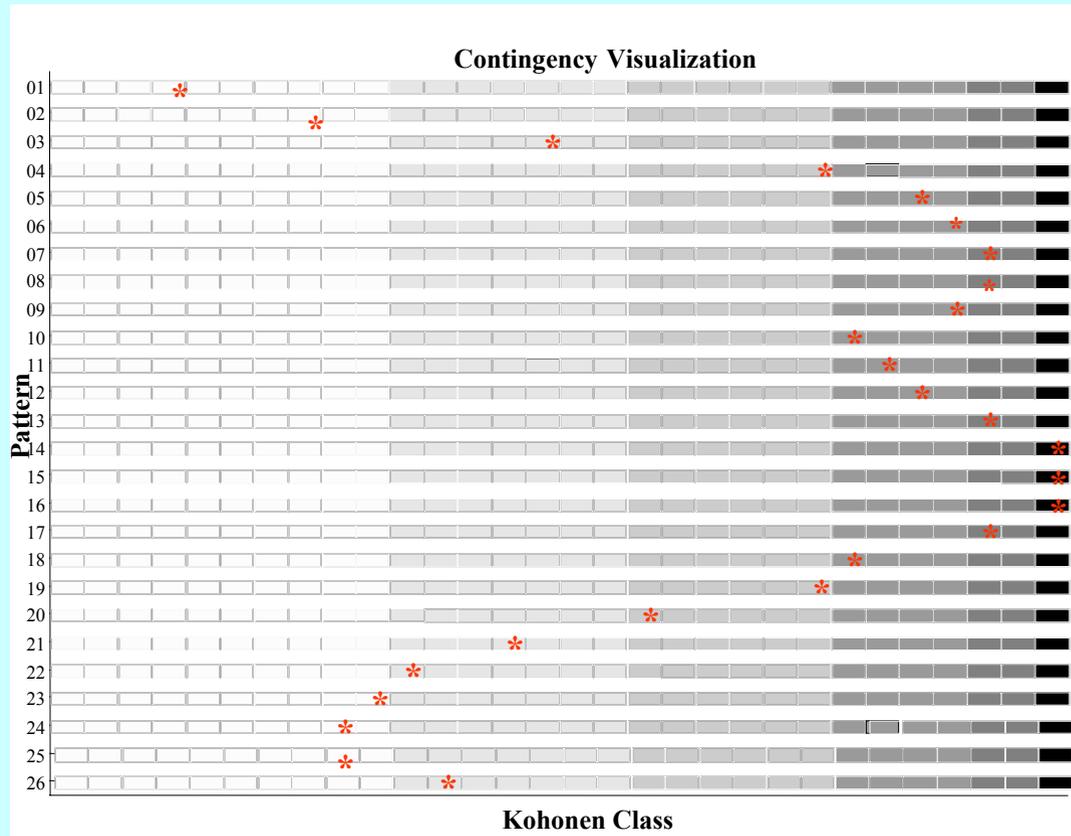
Auto-organisation de Kohonen

L'Analyse de Contingences

Modèle mono-dimensionnel de Kohonen

Monitoring de l'évolution du réseau

Courbe de l'évolution du PI d'une contingence



Toutes les lignes représentent la même contingence.

Les étoiles rouges représentent les neurones activés pour les différents états d'évolution du système électrique

Conclusions

Les Cartes de Kohonen permettent la réalisation d'un Module d'Evaluation de la Sécurité dans ses trois modalités:

- **Evaluation de la Sécurité de l'état present.**
- **Evaluation de la sécurité des contingences possibles.**
- **Provision d'actions de contrôle.**

L'auto-organisation de l'algorithme permet la classification de vecteurs d'état complexes sans avoir une connaissance antérieure de la signification de chaque composant.

L'apprentissage (hors temps réel) peut être prolongé mais la réponse dans le mode d'opération est immédiate.



Conclusions

Les cartes de Kohonen permettent de réaliser l'évaluation d'une manière visuelle, rapide et facile.

La représentation sur la Carte de l'évolution du système permet sa surveillance dans le temps et la prédiction d'une tendance particulière



References

- D. Niebur and A. J. Germond, *Static Security Assessment*. In *Neural Networks Applications in Power Systems* (T.S. Dillon and D. Niebur, Eds.), CRL Publishing, pp.211-254, (1996)
- C. Leder and C. Rehtanz, *Electronic Power System's Stability Assessment and Online-Provision of Control Actions Using Self-Organizing Maps*. In *Bio-Inspired Applications of Connectionism* (J. Mira and A. Prieto, Eds.), LNCS 2085, Springer, pp. 704-710 (2001).
- F. Garcia-Lagos, G. Joya, F.J. Marin and F. Sandoval, *Neural Network for Contingency Evaluation and Monitoring in Power Systems*. In *Bio-Inspired Applications of Connectionism* (J. Mira and A. Prieto, Eds.), LNCS 2085, Springer, pp. 711-718 (2001).
- F. Garcia-Lagos, G. Joya, F.J. Marin and F. Sandoval, *Self-Organising Maps for Contingency Analysis: Visual Clasification and Temporal Evolution*. In *Proceedings of IECON'2002*.

