

**Réseaux de Neurones Artificiels
pour la Gestion d'un Système d'Énergie.
Applicabilité et limitations des paradigmes principaux**

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

París, le 29 mars 2001



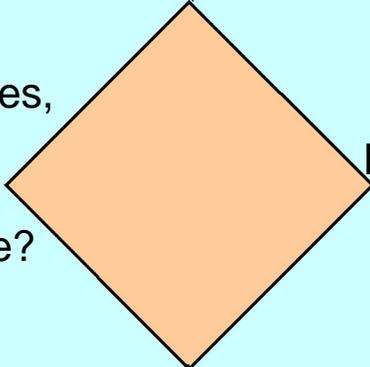
*Dpto. Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga*

- 1. Justification**
- 2. Le Système d'Énergie Électrique. Description**
- 3. Des caractéristiques des tâches impliqués dans un SGE**
- 4. Prédiction de la Demande d'Électricité.
Considérations pour une solution connexionniste**
- 5. Analyse de Contingences.
Considérations pour une solution connexionniste**
- 6. Estimation d'État.
Considérations pour une solution connexionniste**
- 7. Conclusions**



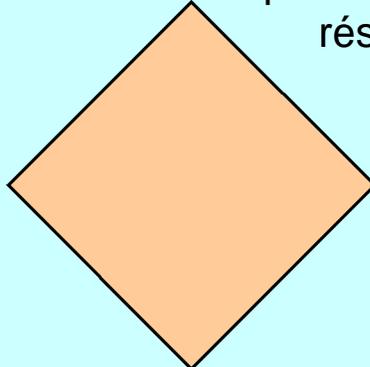
Problème

Il peut être résolu au moyen des techniques analytiques, numériques ou algorithmiques en temps et en forme?



NON

Il peut être résolu au moyen de réseaux de neurones?



NON

Appliquer des techniques analytiques, numériques ou algorithmiques

Fin

Choisir le paradigme convenaient

Appliquer d'autres techniques



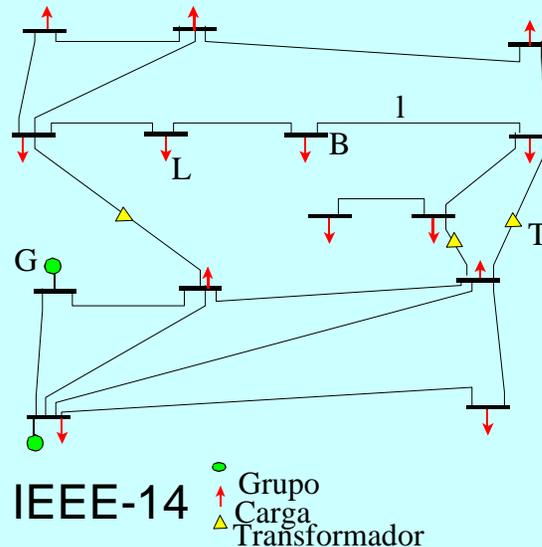
Système d'Énergie Électrique (Des éléments constitutifs des Opérations)

Des Opérations

Prédiction de la
demande d'électricité

Analyse de Sécurité
Analyse de Contingences

Estimation d'État



Des Éléments

B Bus

(Il sont mis en rapport
avec les Sous-stations
Électriques)

G Générateur

(Des Unités thermiques,
hydrauliques, nucléaires)

L Charge d'une Sou-station

I Ligne de transport

T Transformateur



*Dpto. Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga*

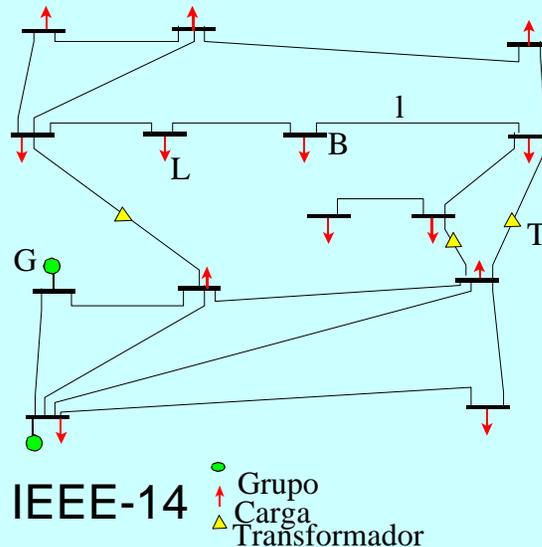
Système d'Énergie Électrique (Des Opérations)

Des Opérations

Prédiction de la
demande d'électricité

Analyse de Sécurité
Analyse de Contingences

Estimation d'État



Des Opérations

Prédiction de séries
temporales

Approximation fonctionnelle
Classification

Optimisation



Système de Gestion d'Énergie (Problématique)

Des caractéristiques des tâches impliqués dans un SGE

- **Impliquent l'usage d'un grand nombre de données.**

(Module et Phase de la Tension d'un bus, Module et Phase du Courant de ligne, Flux de puissance active et réactive, État des interrupteurs, Position des transformateurs, Vecteurs d'Alarmes, historiques de consommation).

- **L'ensemble de mesures peut être incomplet et corrompu. Le système de transmission d'information peut introduire des déphasages chronologiques**

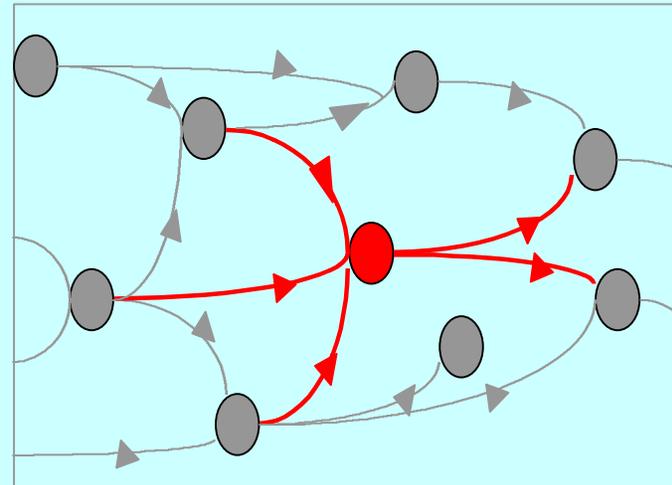
- **Les fonctions qui relient les données d'entrée avec les sorties sont extrêmement complexes et inconnues a priori.**

- **L'excessif nombre de données empêche la solution de la tâche pour un opérateur ou sa description au moyen d'un système de règles basé sur la connaissance experte.**

- **Beaucoup de tâches exigent une réponse immédiate dans le temps .**



Redes de Neuronas Artificiales. Características definitorias

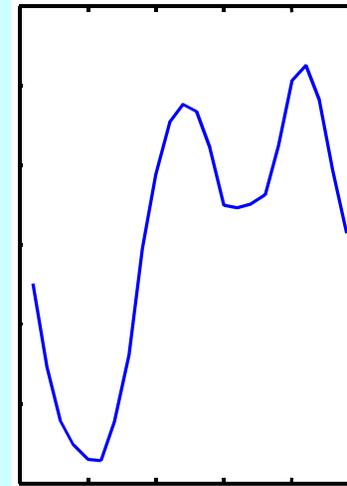
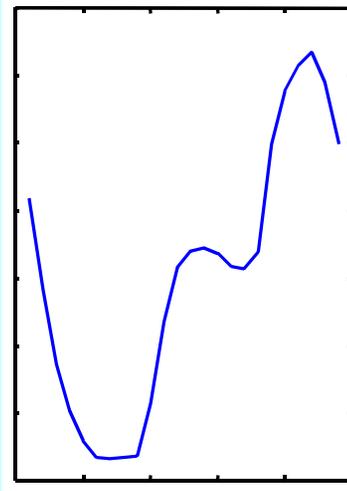
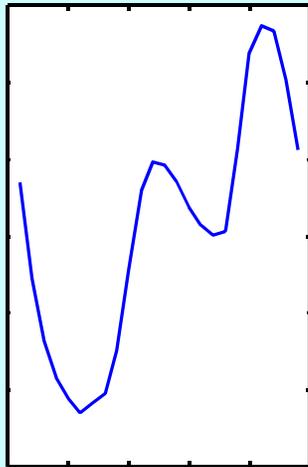


Características definitorias.

- Sistema de elementos de proceso altamente interconexionados
- La fuerza de cada conexión se modifica por aprendizaje



Prédiction de la Demande d'Électricité (Load Forecasting)



Objectif: Trouver les valeurs futures de la demande d'énergie au moyen de l'extrapolation des valeurs de consommation antérieures

Des variables de prédiction: Demande Pointe, Demande Intégral, Demande horaire

Des variables exogènes: Température, degré de nébulosité, vitesse du vent, degré d'humidité, niveau de la pluie, saison, jour ouvrable ou férié, jour de la semaine, période spéciale.

Horizon de prédiction: à court, moyen et long terme.



*Dpto. Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga*

Prédiction de la Demande d'Électricité (Problématique I)

La fonction qui met en rapport la demande future avec les valeurs de consommation passés et les variables exogènes est extrêmement complexe..

On ignore a priori lesquels des valeurs de consommation passés peuvent être significatifs pour la prédiction.

Les pratiques de consommation changent dans le temps et dans l'espace. La consommation globale s'élève ou descend en fonction des conditions économiques et géopolitiques du moment.

On dispose d'un grand nombre de données historiques.



Prédiction de la Demande d'Électricité (Problématique II)

Les variables dont on tient compte ont une très différente nature quant à leur rang et leur codification.

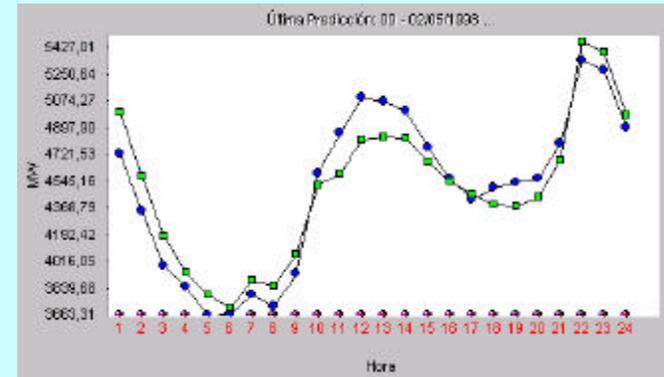
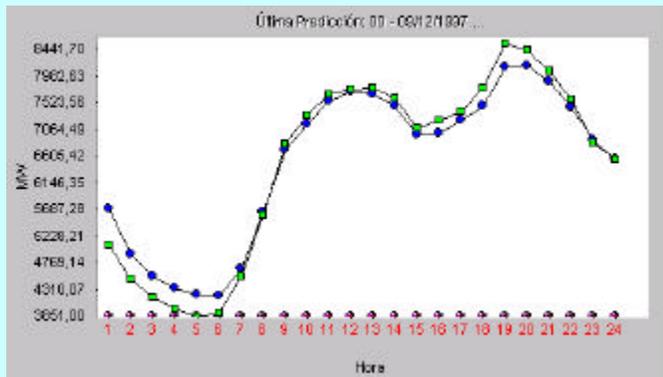
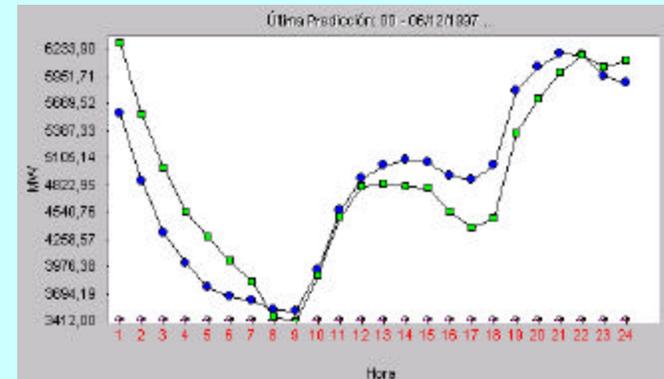
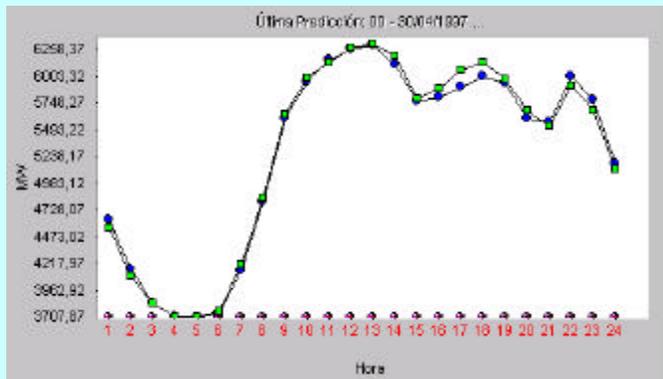
Dans le cas réel d'une large zone de prédiction, certaines variables exogènes peuvent avoir de très différentes valeurs au même temps.

Certaines variables peuvent produire un effet contraire sur la demande en fonction des caractéristiques particulières à chaque sous-zone.

Un particulier jour férié produira de très **différentes** effets sur les jour antérieur et postérieur selon sa position dans la semaine.

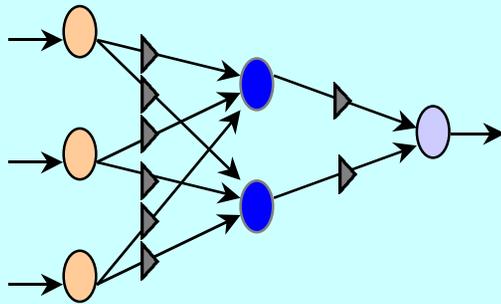


Des exemples de profils réels de consommation

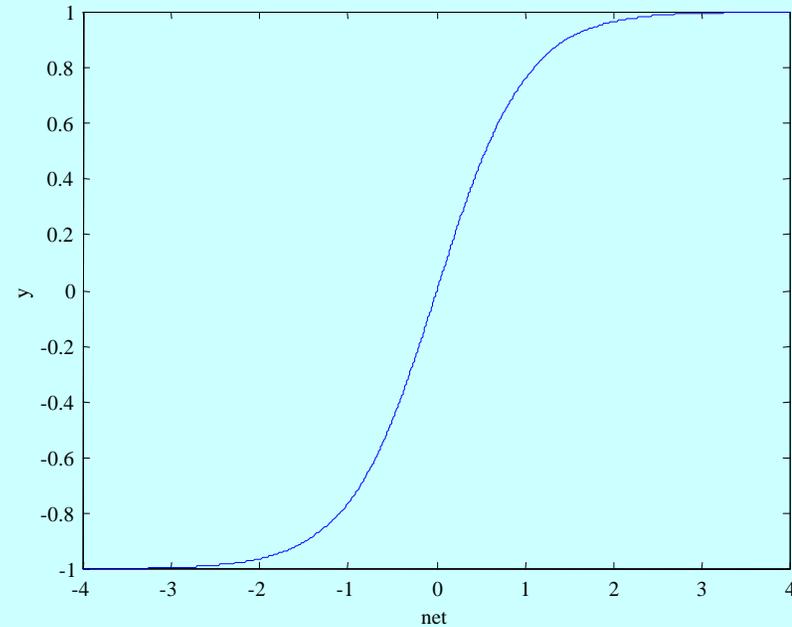


Perceptron Multicouches avec Rétro-propagation du gradient

Topologie



Fonction d'activation

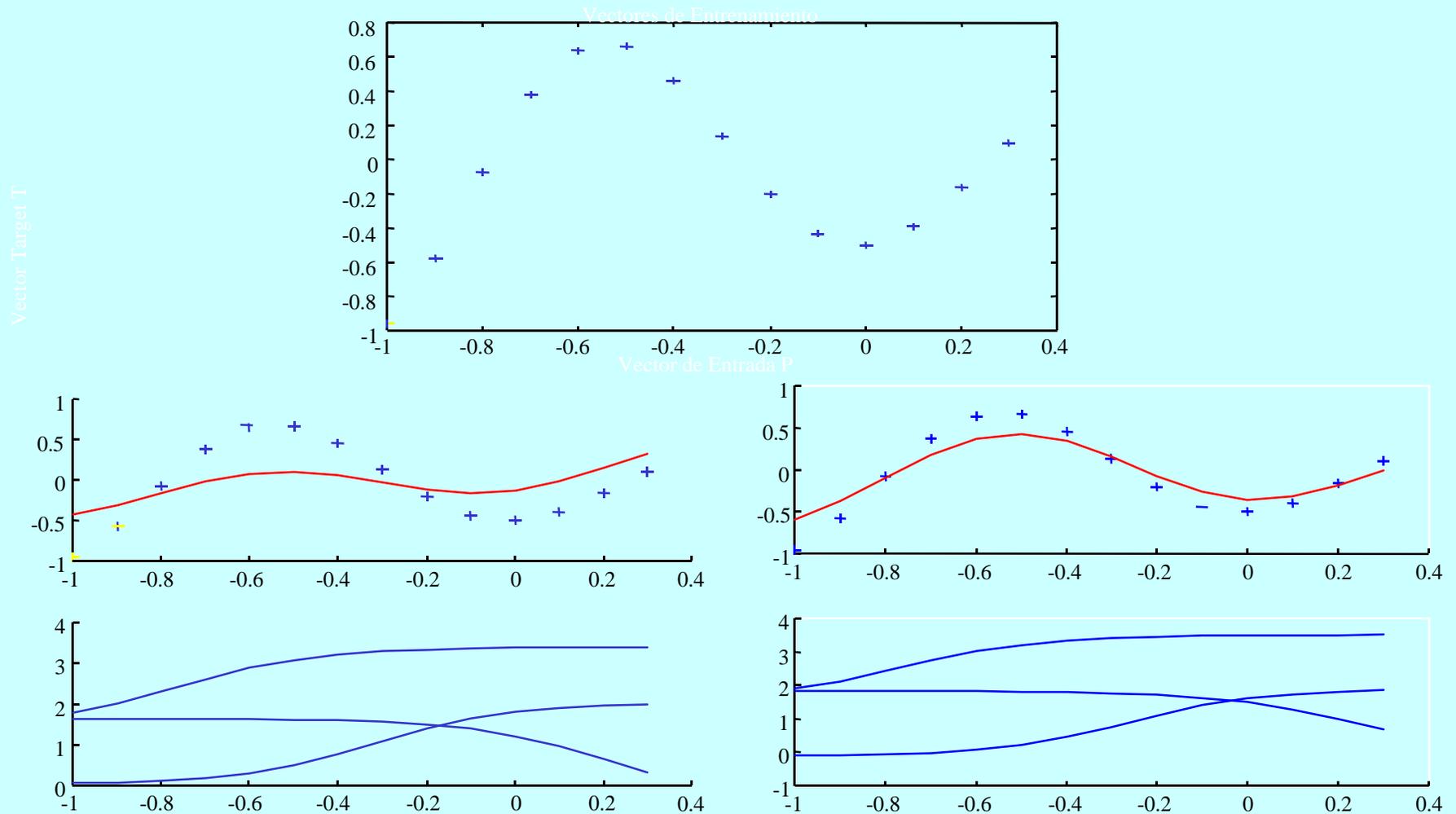


$$F_j(x, w) = \mathbf{f}_j \left(\sum_k w_{jk} \mathbf{j}_k \left(\sum_i w_{ki} x_i + w_{k0} \right) + w_{j0} \right)$$



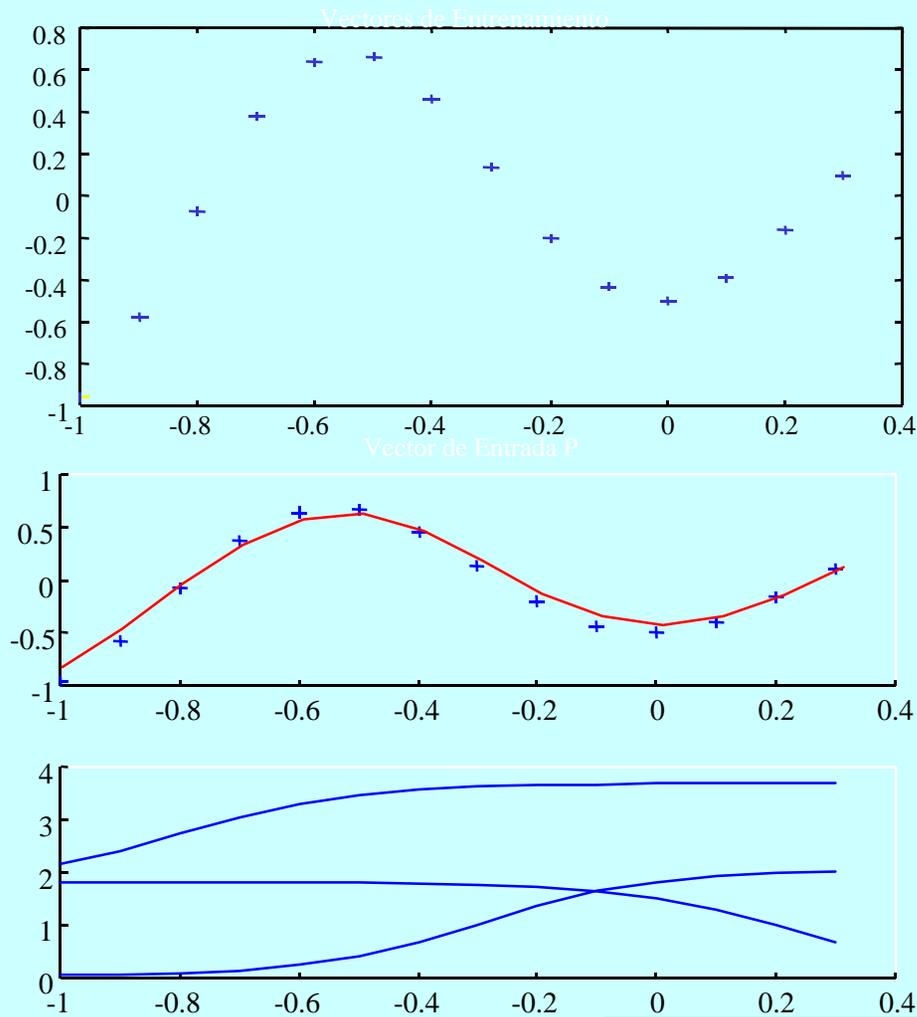
Perceptron Multicouches avec Rétro propagation du gradient

Approximation fonctionnelle

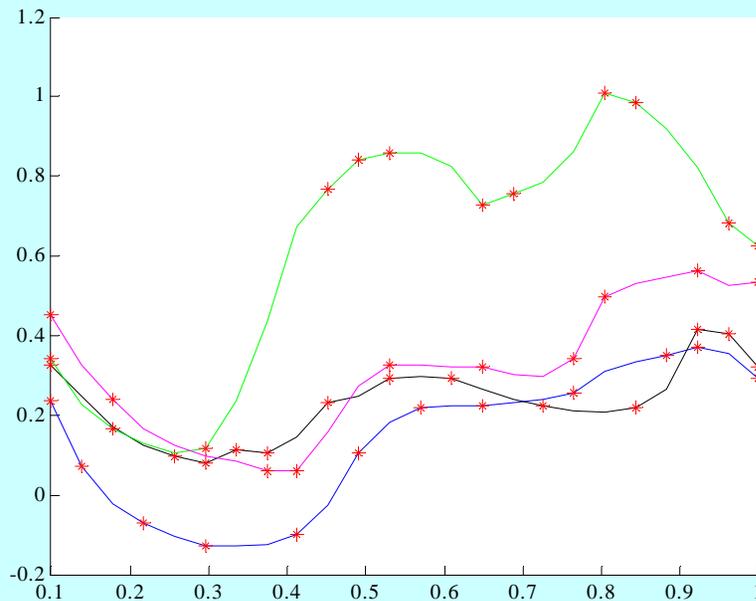


Perceptron Multicouches avec Rétro-propagation du gradient

Approximation fonctionnelle



Le problème de l'emploi de variables qualitatives. Exemple 1



Solution A:

Un réseau pour chaque curve.

1 neurone d'entrée

6 neurones ocultes

1 neurone de sortie

$$y_i = F_i(x) ; i = 1..4$$

Solution B:

Un réseau pour les quatre curves.

2 neurones d'entrée

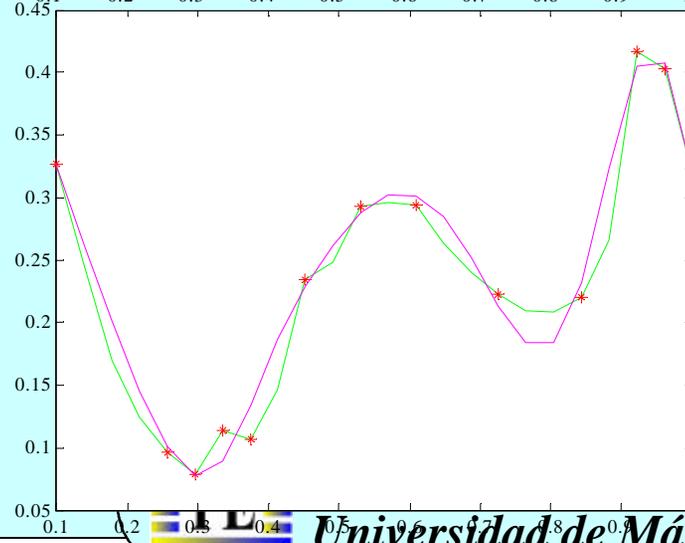
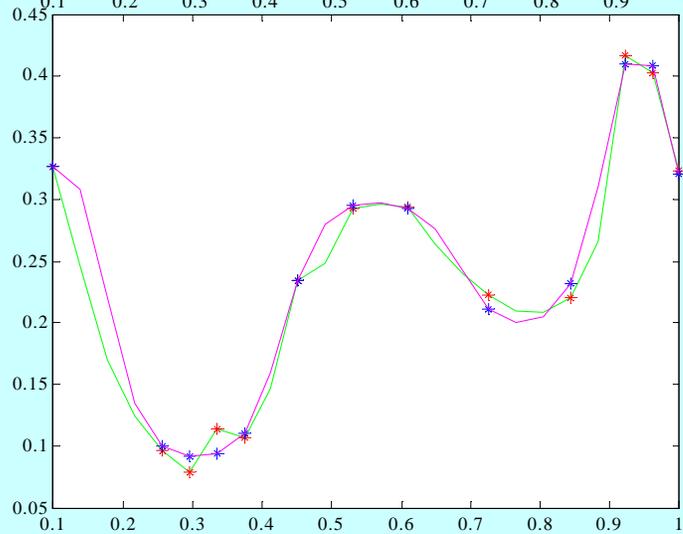
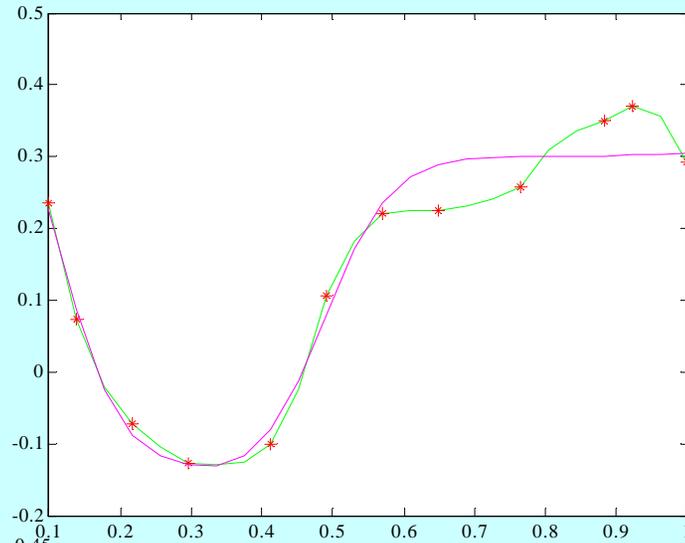
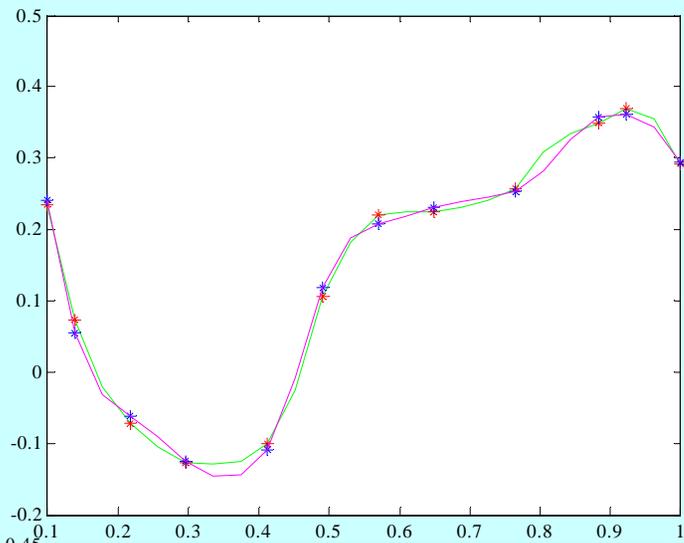
30 neurones ocultes

1 neurone de sortie

$$y = F(x, d)$$



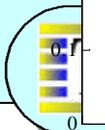
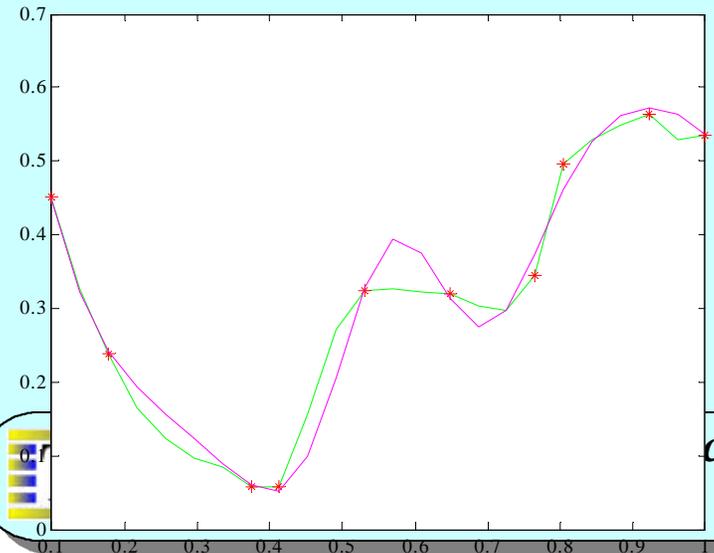
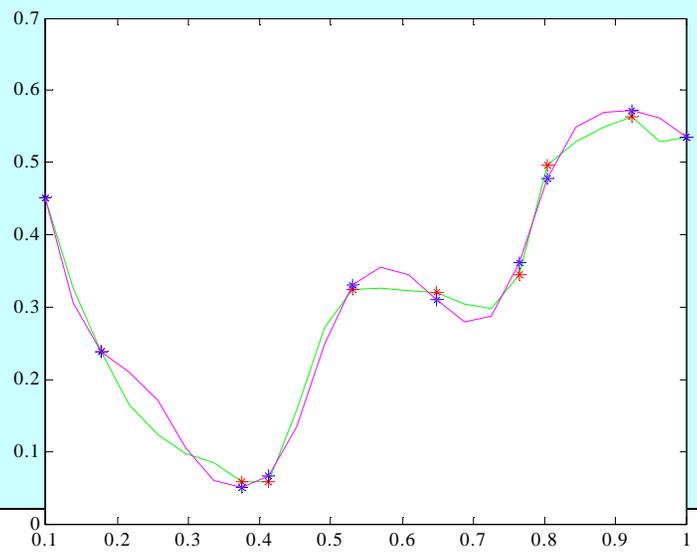
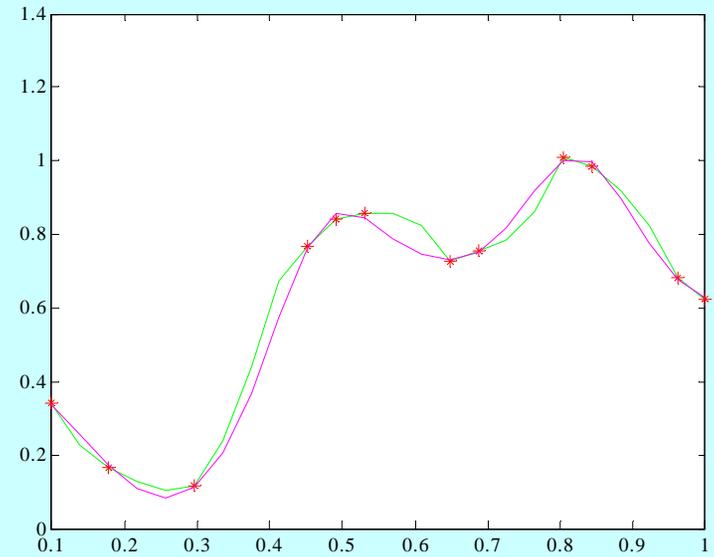
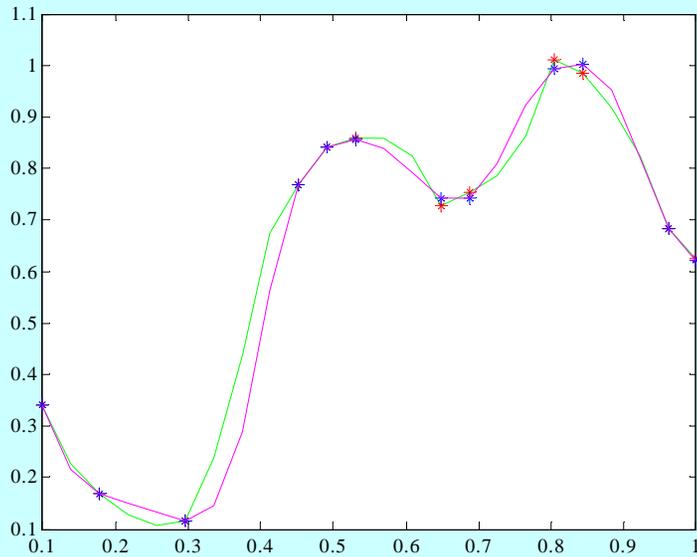
Le problème de l'emploi de variables qualitatives. Courbes $f(x,a)$, $a = 0.1 \dots 0.4$



lectrónica

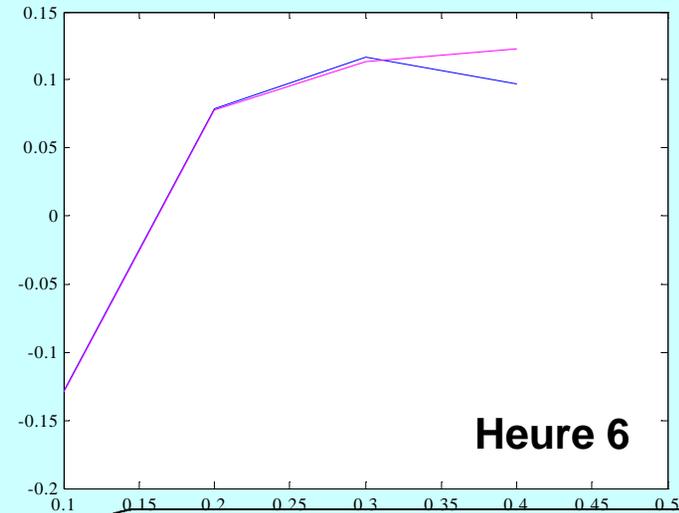
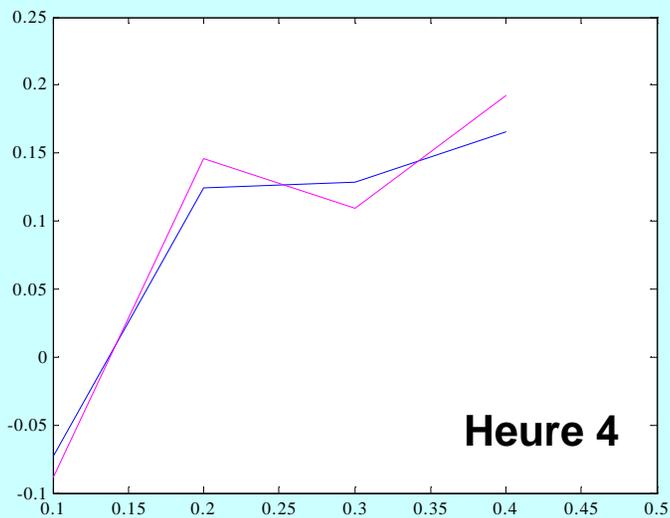
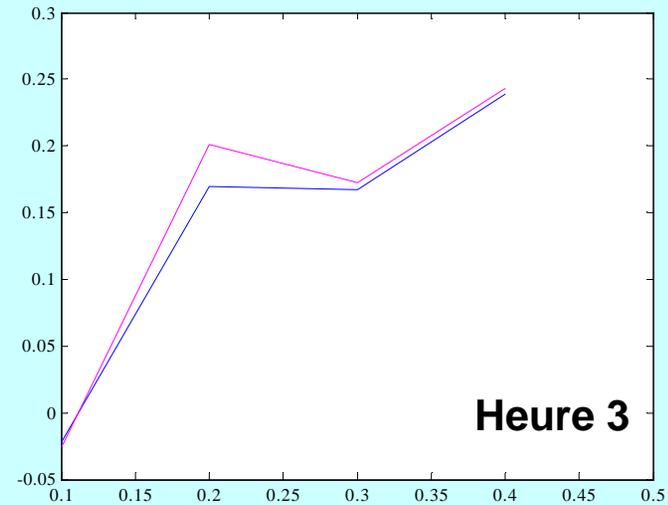
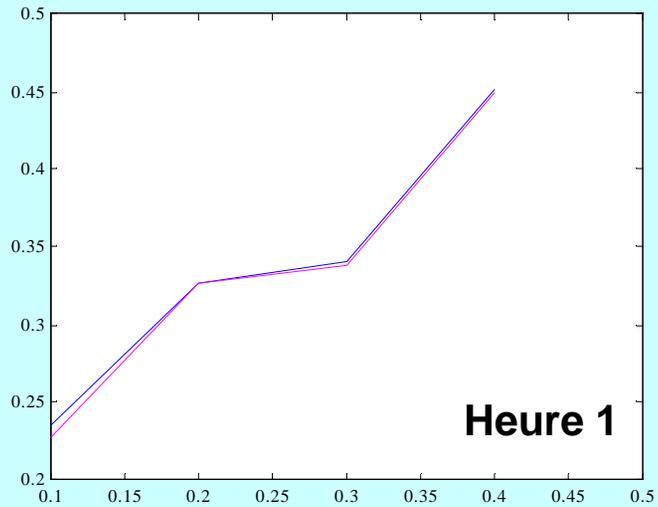
Le problème de l'emploi de variables qualitatives.

Courbes $f(x,a)$, $a = 0.1 \dots 0.4$



ca

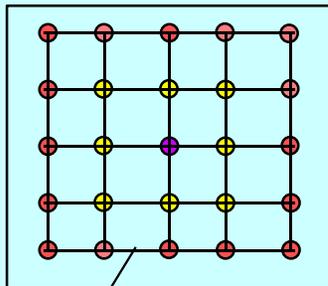
Le problème de l'emploi de variables qualitatives. Courbes $f(a,d)$ $a = 1 \dots 24$



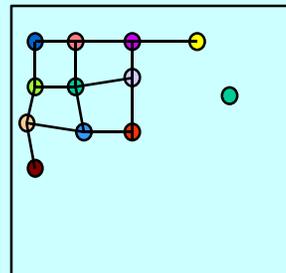
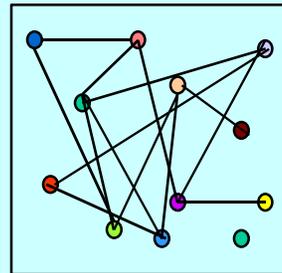
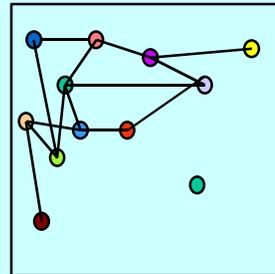
L'Algorithme d'auto organisation de Kohonen (SOM)

L'algorithme

Topologie



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



- 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

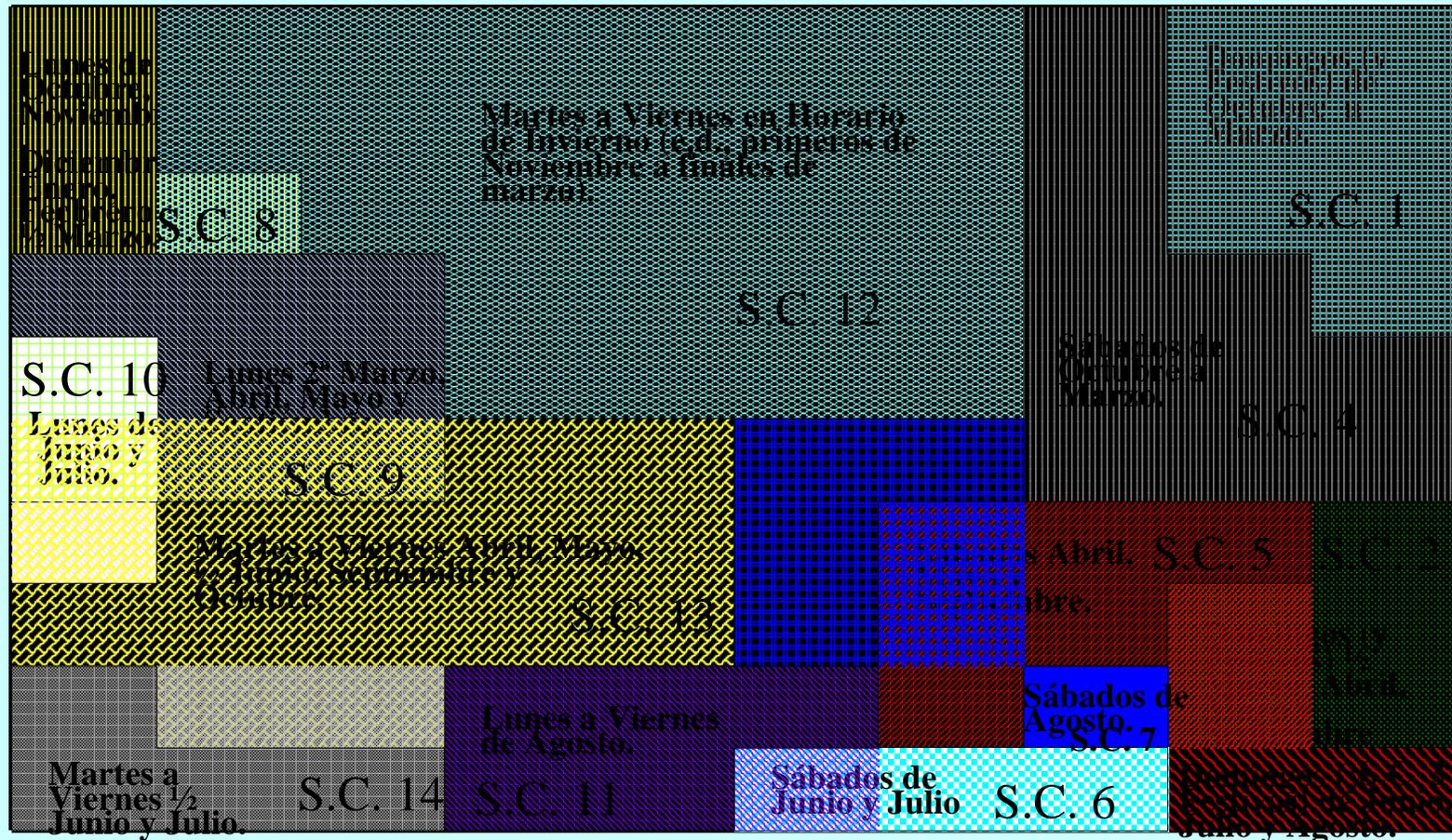
$$\max_j (|w_j \cdot x_k|)$$
- Mise à jour des poids dans le voisinage V du neurone le plus actif

$$w_j(t+1) = w_j(t) + a(x_k - w_j)$$
- Normalisation de w
- Mise à jour de a y V



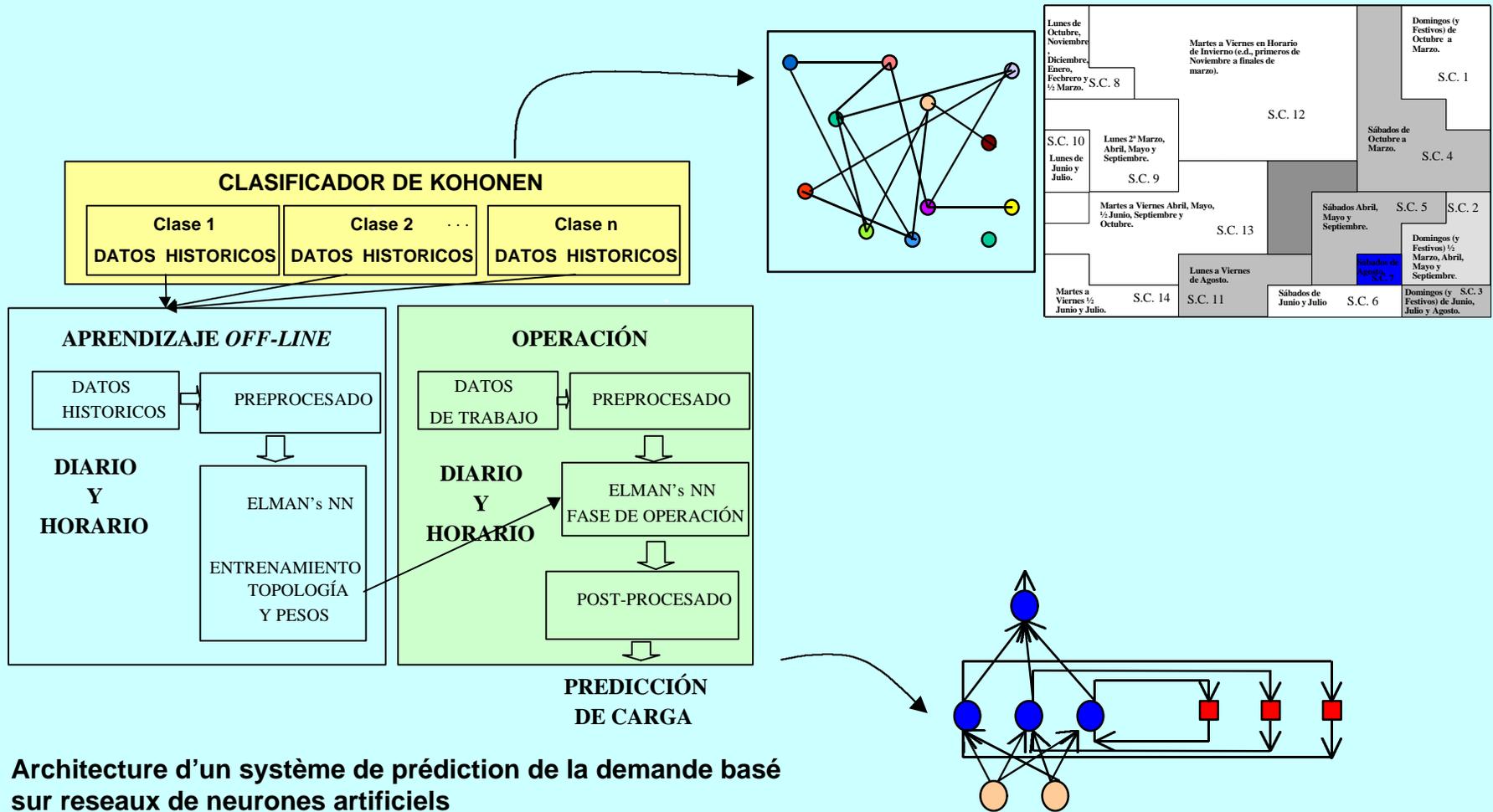
L'Algorithme d'auto organisation de Kohonen

Application à la prédiction de la demande d'électricité



Prédiction de la Demande d'Électricité

Architecture du système

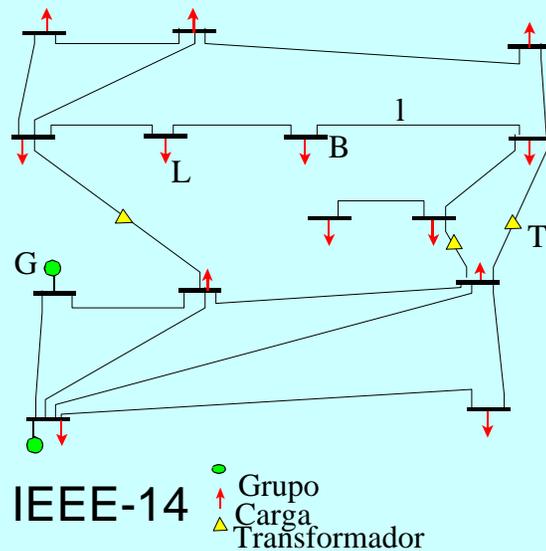


Architecture d'un système de prédiction de la demande basé sur reseaux de neurones artificiels



Analyse de contingences

Description du problème



Objectif:

Déterminer le degré de sécurité (sur, critique, dangereux) de l'état présent en rapport avec une éventuelle faille de quelqu'un composant du système

Des variables d'entrée:

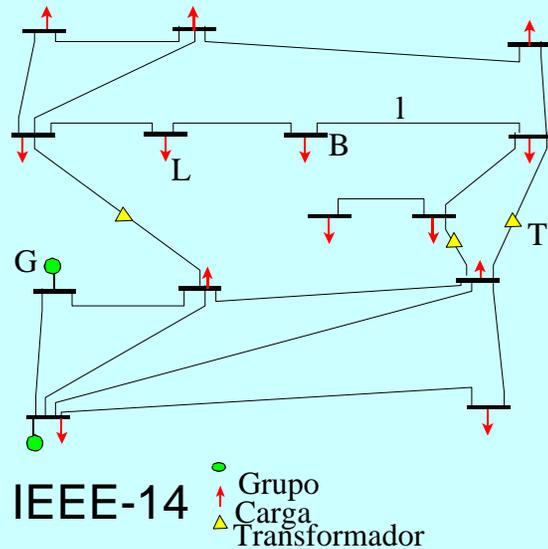
Flux de Puissance active et réactive en chaque ligne pour l'état présent

Des variables de sortie:

- Quelque *Performance Index*, le quel doit ordonner les possibles contingences selon leur degré de dangereux (*Contingency Ranking*)
- Sortie graphique qui doit permettre la visualisation direct du degré de dangereux



Analyse de contingences Possibles Solutions



Méthode numérique:

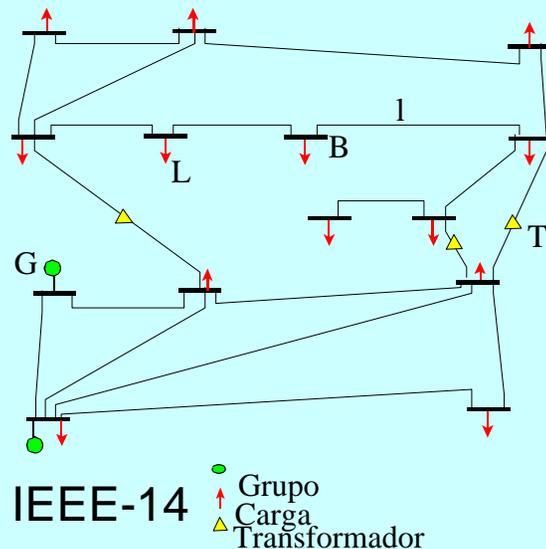
1. Solution du problème du **Calcul du Flux de charge** pour chaque contingence .
2. Calcul du correspondant **PI** pour chaque contingence
3. Ordonner les contingences selon leur degré de gravité.

Des limitations:

1. Le premier pas empêche une solution en temps réel
2. Peut être que le méthode ne converge pas.



Analyse de contingences Possibles Solutions



Méthode connexionniste (I):

1. Perceptron Multicouches avec les suivantes caractéristiques:

Vecteur d'entrées: Vecteur des flux de puissance active + une entrée indicative de l'ordre de la contingence évaluée

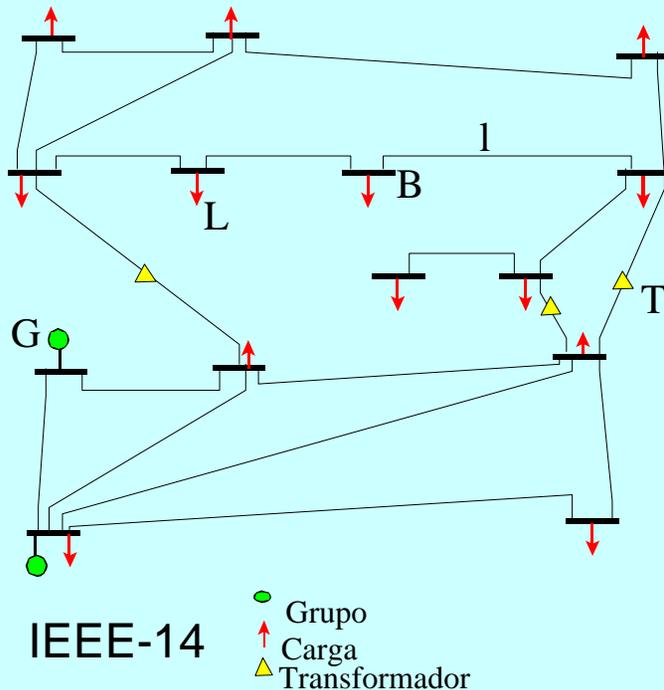
Valeur de sortie: PI de la contingence indiquée.

Des limitations:

1. **Difficulté d'apprentissage:** Deux vecteurs d'entrée que ne se différencient que dans la dernière component peuvent avoir des sorties très différentes
2. **Généralisation limitée:** Le paramètre le plus décisif est totalement arbitraire. Il ne reflète aucune relation réelle entre les variables du Système. La courbe de la fonction sera *capricieuse*



Analyse de contingences Possibles Solutions



Método neuronal (II):

1. Un Perceptrice Multicouches pour chaque contingence avec les caractéristiques suivantes:

Vecteur entrée: Vecteur de fluxes de puissance active

Valeur de sortie: le PI de la contingence en question

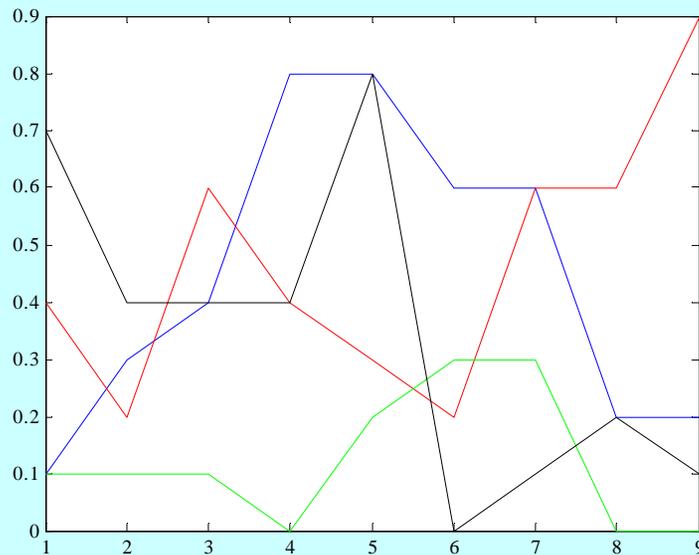
Des limitations

1. Une plus grande quantité d'information doit être enregistrée
2. Le temps de réponse en mode d'opération sera plus grand



Le problème des variables qualitatives. Exemple 2

4 contingences, 9 vecteurs d'entrée (7 mesures de flux de puissance)



Représentation du P.I. pour les neuf vecteurs de fluxes et pour chaque contingence

**Solution I:
Un réseau pour les quatre contingences**

Couche d'entrée:

7 neurones pour les fluxes de puissance

4 neurones pour les contingences

1000 Contingence 1

0100 Contingence 2

0010 Contingence 3

0001 Contingence 4

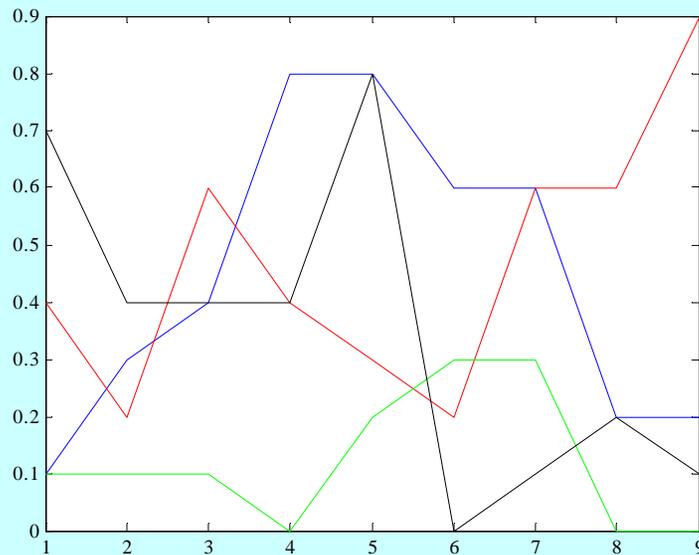
6 neurones occultes



*Dpto. Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga*

Le problème des variables qualitatives. Exemple 2

4 contingences, 9 vecteurs d'entrée (7 mesures de flux de puissance)



Représentation du P.I. pour les neuf vecteurs de fluxes et pour chaque contingence

**Solution II:
Un réseau pour chaque contingence**

**Couche d'entrée:
7 neurones pour les fluxes de puissance**

4 neurones occultes

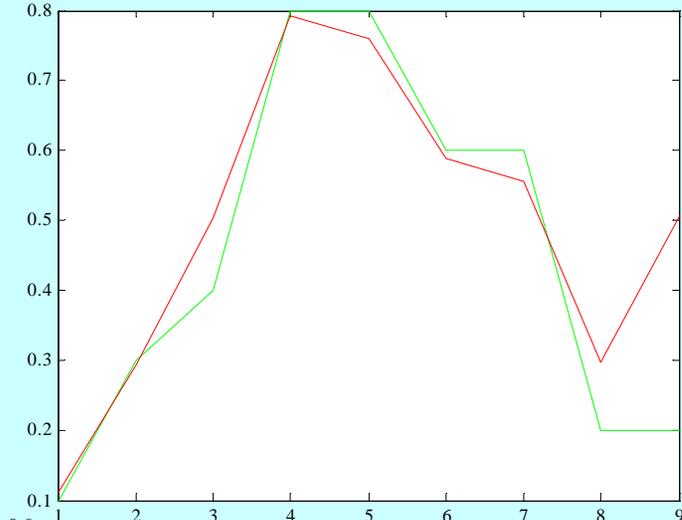


*Dpto. Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga*

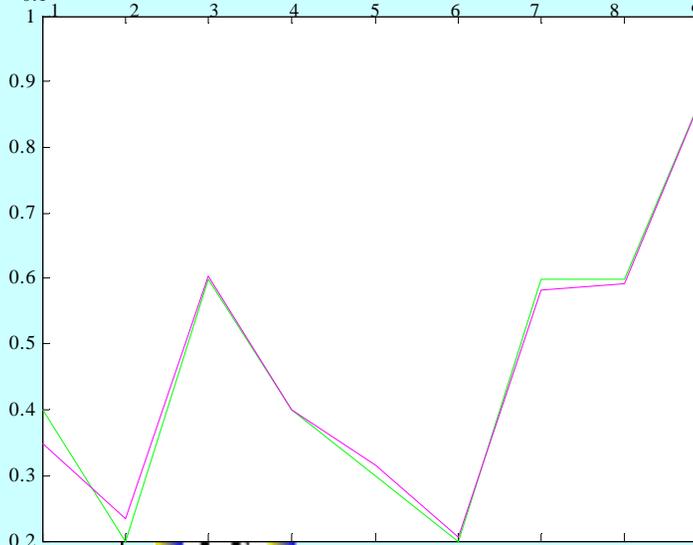
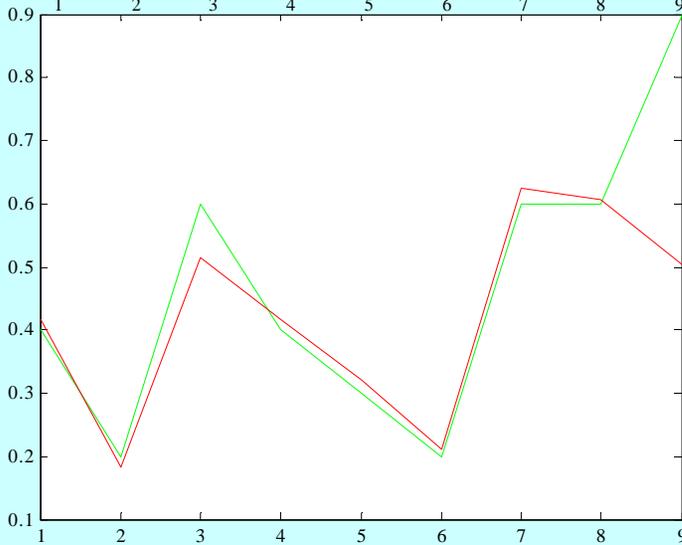
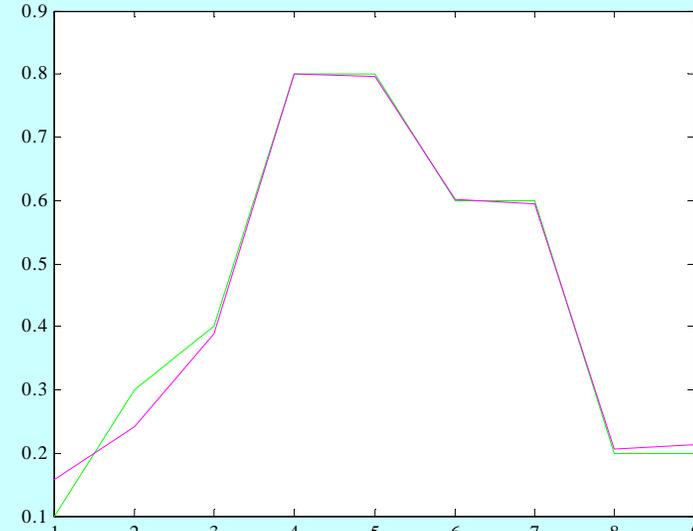
Le problème des variables qualitatives.

Exemple 2

Solution I

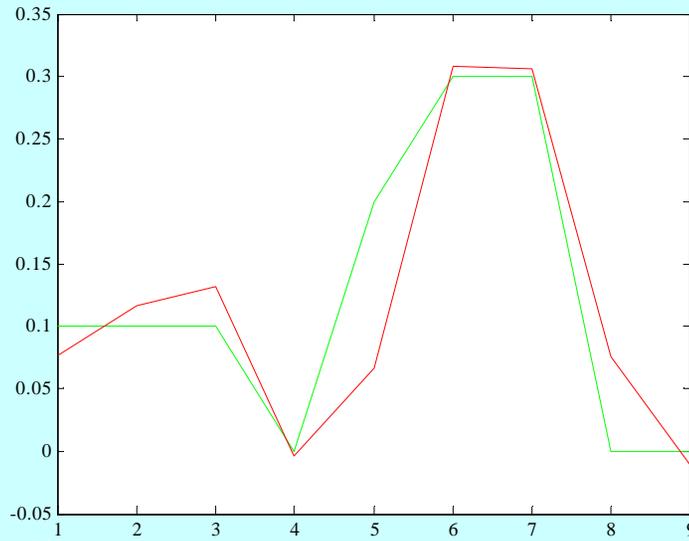


Solution II

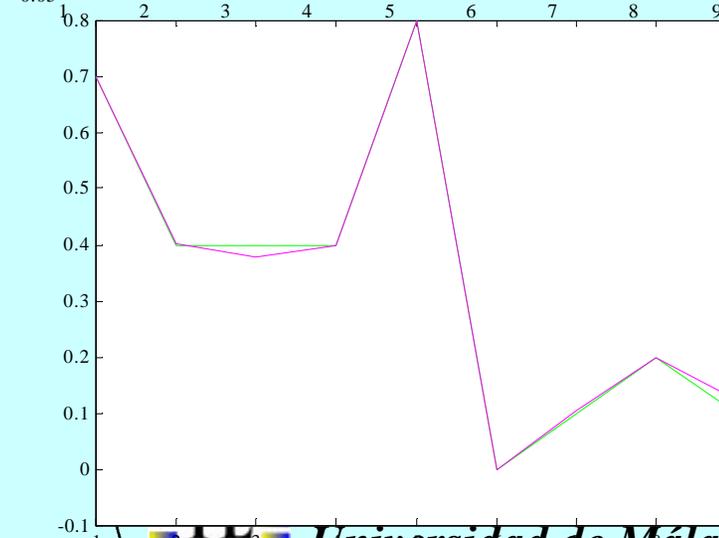
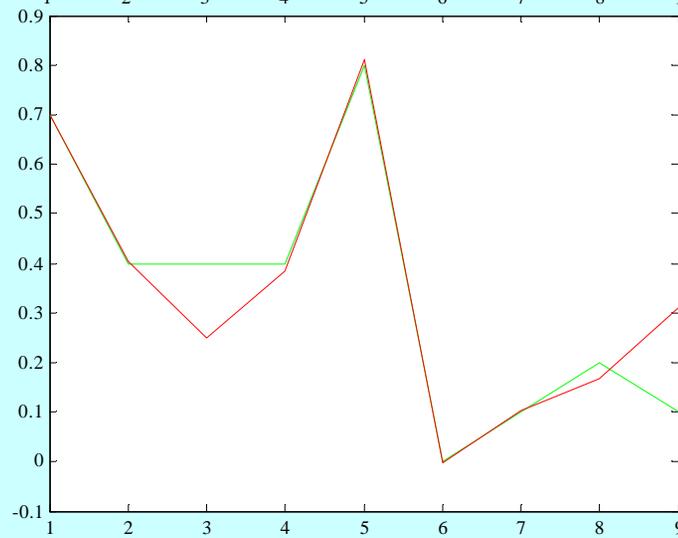
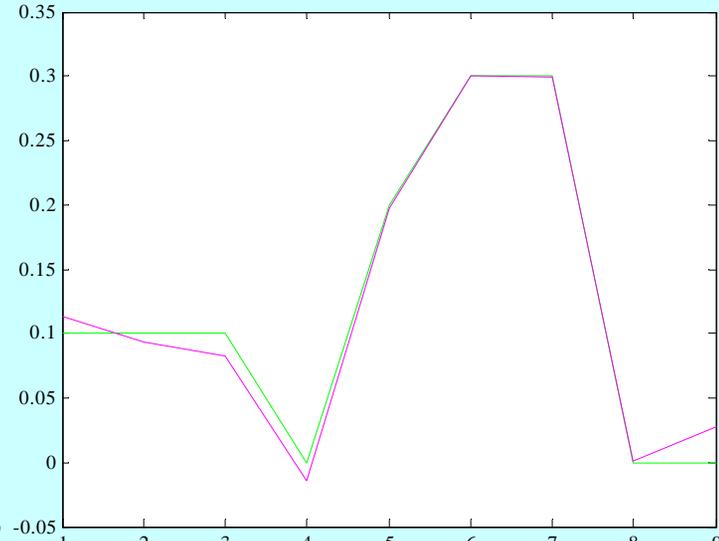


Le problème des variables qualitatives. Exemple 2

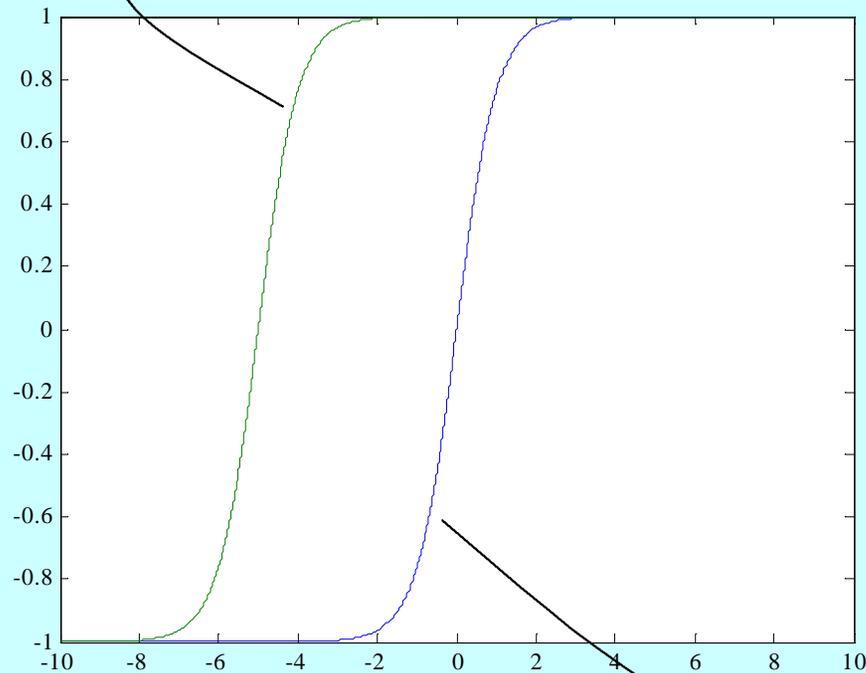
Solution I



Solution II



Le problème des variables qualitatives. Exemple 2

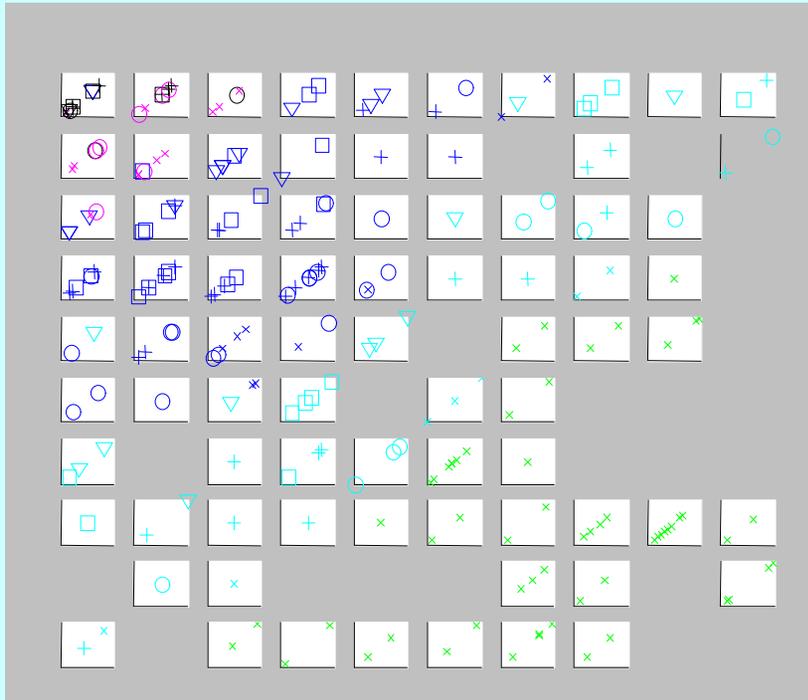


$$F(\bar{x}, 1, 0) = \mathbf{j} \left(\sum_i w_i x_i + w_1 \right)$$

$$F(\bar{x}, 0, 1) = \mathbf{j} \left(\sum_i w_i x_i + w_2 \right)$$



Analyse de contingences Possibles Solutions



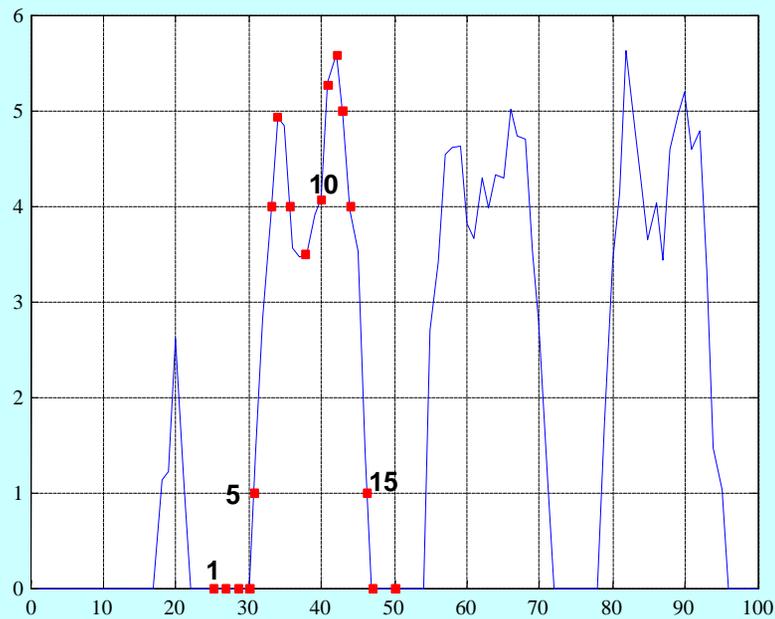
Méthode connexionniste (III):

1. L'algorithme de Kohonen appliqué à l'analyse visuel de contingences

Vecteur d'entrée: Vecteur de fluxes de puissance active.



Analyse de Contingences Monitoring visuel (I)



Valeur du Performance Index pour les patrons de test

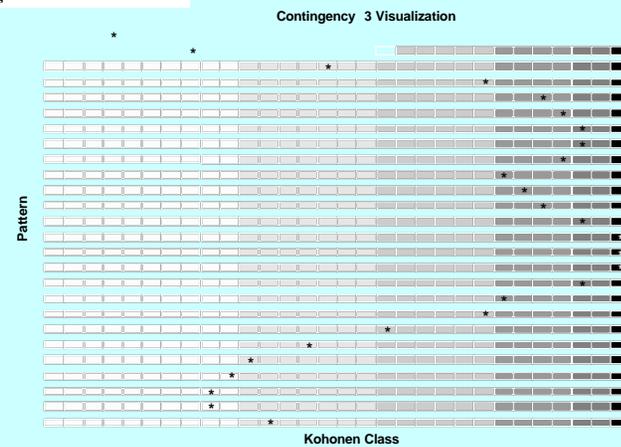
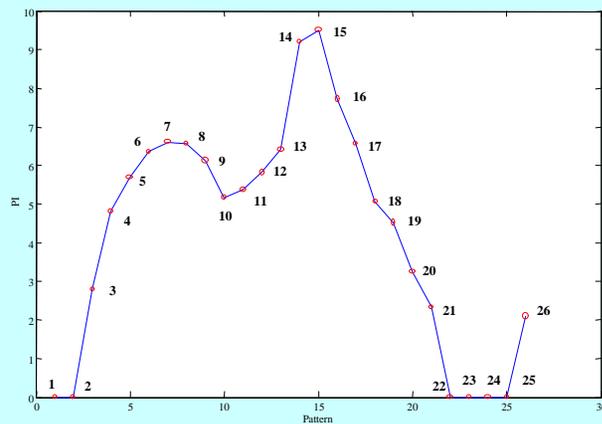
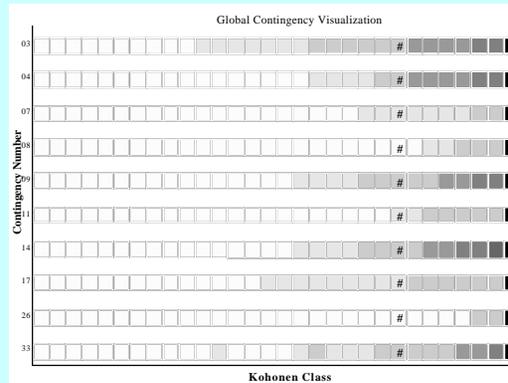


Auto-organisation de Kohonen



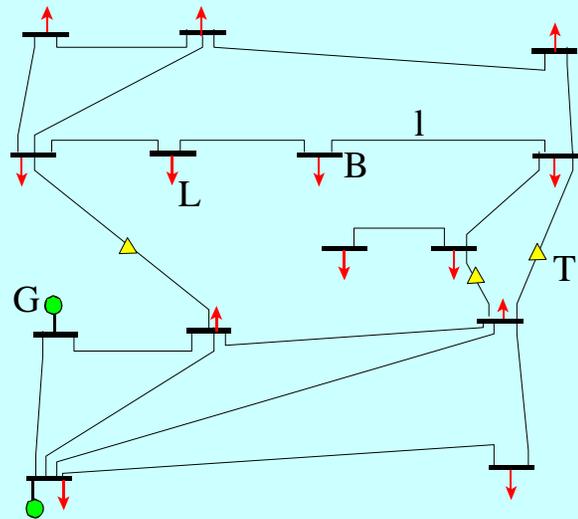
Analyse de Contingences Monitorage visuel (II)

Modèle mono-dimensionnel de Kohonen



Estimation d'État Description

- Système d'énergie électrique
- Topologie connu avec n bus
- m mesures de flux, de injections et de modules de tension ($m > 2n-1$),
- Resol le système rédundant d'équations



IEEE-14

- Grupo
- ↑ Carga
- ▲ Transformador

$$z_i = h_i(x) + v_i$$

z_i : représente la mesure

x : vecteur de variables d'état du système
(n modules de tension de bus + $n-1$ phases)

$h_i()$: équations non linéaires qui modèlent le système

v_i : différence entre la valeur mesurée z_i et la valeur estimée $h(x)$



Dpto. Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga

Estimation d'État Description

Le paramètre choisi pour mesurer la bondée de l'estimation est la somme des résidus pour chaque mesure

$$J(x) = \sum_i \frac{(z_i^m - h_i(x))^2}{\mathbf{s}_i^2} \quad (2)$$



Estimation d'État Problématique

Pour ce système on n'a pas de la mesure d'un grand nombre de variables

Les mesures présentent différents degrés d'erreur

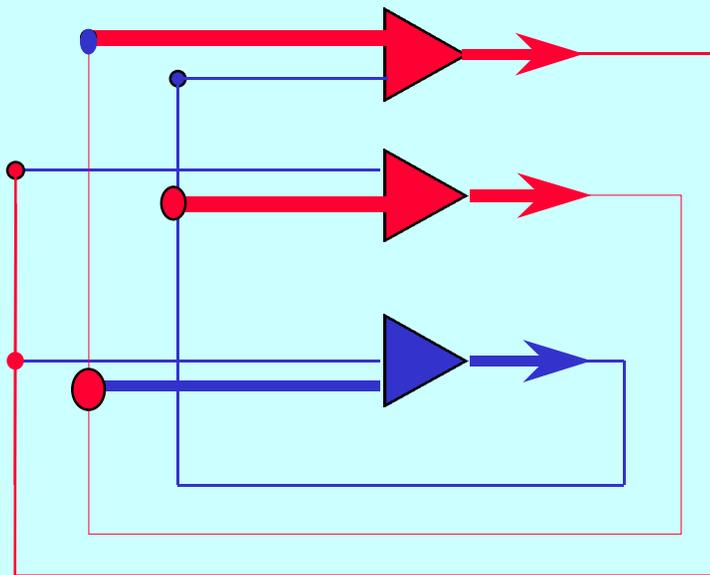
Les mesures n'arrivent pas dans le même ordre chronologique dans le quel elles ont été générées

Une Pseudo mesure peut introduire un haut degré d'erreur

L'information topologique peut être erroné



Réseaux rebouclés de Hopfield Dynamique continue I



$$s_i(t) = g(u_i(t))$$

$$\frac{du_i}{dt} = \sum_{j=1}^q w_{ij} s_j - q_i$$

$$E = -\sum_i \sum_j w_{ij} s_i s_j + \sum_i q_i s_i$$

Réseaux rebouclés de Hopfield Optimisation

Trouver les valeurs les plus probables de les variables d'état
Du système à partir de l'ensemble de mesures disponibles

$$z_i = h_i(x) + v_i$$

$$J(x) = \sum_i \frac{(z_i^m - y_i(x))^2}{s_i^2}$$

$$J(x) = [\Delta z R^{-1} - H \Delta x]^T R^{-1} [\Delta z - H \Delta x]$$

$$\Delta z = z^m - y(x_e) - h(\Delta x)$$

$$J(x) = -\frac{1}{2} \sum_i \sum_j T_{ij} \Delta x_i \Delta x_j - \sum_i I_i \Delta x_i + K$$

$$T = -1 * H^T R^{-1} H$$

$$I = H^T R^{-1} \Delta z$$



Réseaux rebouclés de Hopfield pour optimisation. Problématique

- A) Plusieurs d'applications ne maintiennent pas de cohérence entre la dynamique du réseau et la fonction énergie associé**
- B) La fonction énergie est forcée a décroiser seulement si le réseau évolue d'accord à sa dynamique. Mais une dynamique continue ne peut pas être simulée par ordinateur si elle n'est pas discrétisée**
- C) La fonction énergie de Hopfield présente beaucoup de minimes locaux. La recherche de nouvelles stratégies d'évolution pour les éviter c'est une tâche important**



CONCLUSIONES (I)

Recommandations pour l'usage des RNAs

- S'assurer que les méthodes classiques ne satisfont pas les restrictions du problème
- Analyser les ensembles de données d'entrée et de sortie pour choisir le modèle de réseau et son structure approprié
- Un réseau de neurones ne peut pas apprendre une relation impossible. Si les exemples sont contradictoires on ne peut pas avoir d'apprentissage.
- De plus en plus on propose d'architectures complexes de RNAs et d'autres Méthodes comme le Algorithmes Génétiques ou la Logique Flou.



CONCLUSIONS (II)

Limitations générales des RNAs

- L'ensemble des patrons devaient être le plus homogène possible
- L'ensemble d'apprentissage doit être bien choisi. Les exemples doivent être distribués dans la totalité de l'espace d'entrée
- Les paramètres de la topologie et l'apprentissage sont normalement.



CONCLUSIONS (III)

Des orientations générales pour choisir un paradigme particulier.

Perceptron Multicouches avec rétro propagation de l'erreur

- On dispose d'un bon ensemble de paires entrée-sortie
- Les variables d'entrée sont homogènes.
- L'ensemble d'exemples n'est pas contradictoire

Kohonen

- Les vecteurs d'entrée sont très nombreux et complexes
- Il y a un excessive numéro de facteur non homogènes en intervenant dans le problème.
- On devine les critères de classification mais ils ne sont pas connus

Hopfield

- Le problème peut être considéré comme un problème d'optimisation
- Le taille du réseau résultant ne doit pas être très grand
- Le temps de réponse ne doit pas un facteur déterminant pour la qualité de la solution.

