

Application des Systèmes Structurés à l'Etude du Diagnostic (Localisation de capteurs)

présenté par

Sameh YACOUB AGHA

Sameh.Yacoub-Agha@lag.ensieg.inpg.fr

Sous la direction de :

Christian COMMAULT & Jean-Michel DION

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

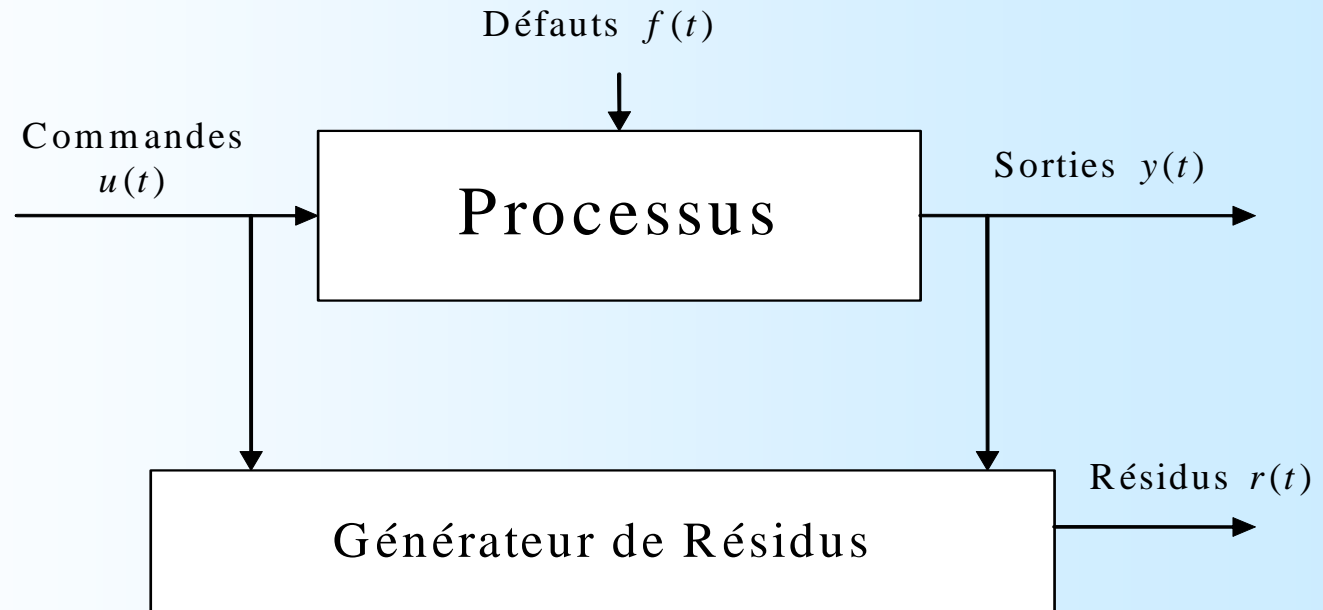
Plan de l'exposé

- Introduction.
- Systèmes linéaires structurés.
- Détection et localisation de défauts FDI.
- Localisation de Capteurs.
Système réduit.
Décomposition du système
réduit.
Exemple.
- Conclusion et perspectives.

introduction

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives



Le principe général du problème de détection et localisation de défauts

Quelques références

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

-J. Chen and R.J. Patton. Robust model-based fault diagnosis for dynamic systems. Kluwer academic publishers, 1999.

-P.M. Frank. Analytical and qualitative model-based fault diagnosis - a survey and some new results. *European Journal of Control*, 2 :628, 1996.

-C. Commault, J.M. Dion, O. Sename, and R. Motyeian. Observer-based fault detection and isolation for structured systems. *IEEE Trans. Automat. Control*, 47(12) :2074–2079, 2002.

- C. Commault and J.M. Dion. A system decomposition for fault detection and isolation. Technical report, Laboratoire d'Automatique de Grenoble, March 2004.

- C. Commault and J.M. Dion S.Yacoub Agha. A system decomposition for sensor location in fault detection and isolation. 16th IFAC World Congress Prague July 2005.

Systèmes linéaires structurés

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

Définition : Un système linéaire structuré est un système linéaire décrit par une représentation d'état $(A_{\Lambda}, B_{\Lambda}, C_{\Lambda})$ dont les éléments des matrices sont, soit fixés à zéros, soit des paramètres libres.

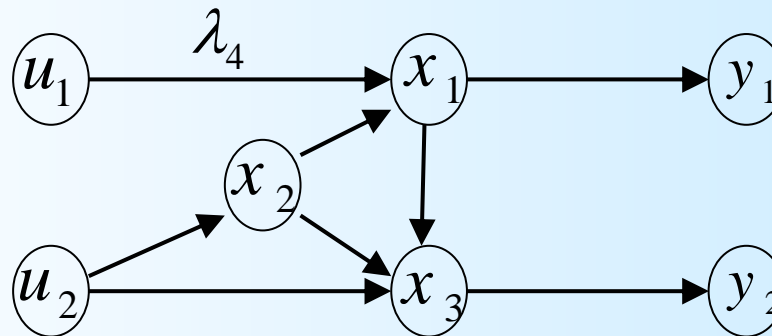
$$\sum_{\Lambda} \begin{cases} \dot{x}(t) = A_{\Lambda} x(t) + B_{\Lambda} u(t) \\ y(t) = C_{\Lambda} x(t) \end{cases}$$

Systèmes linéaires structurés

Exemple

$$A_{\Lambda} = \begin{pmatrix} 0 & \lambda_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \lambda_2 & \lambda_3 & 0 \end{pmatrix}, B_{\Lambda} = \begin{pmatrix} \lambda_4 & 0 \\ 0 & \lambda_5 \\ 0 & \lambda_6 \end{pmatrix}, C_{\Lambda} = \begin{pmatrix} \lambda_7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_8 \end{pmatrix}$$

Son graphe associé : $G(\Sigma_{\Lambda})$



Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - **exemple.**
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

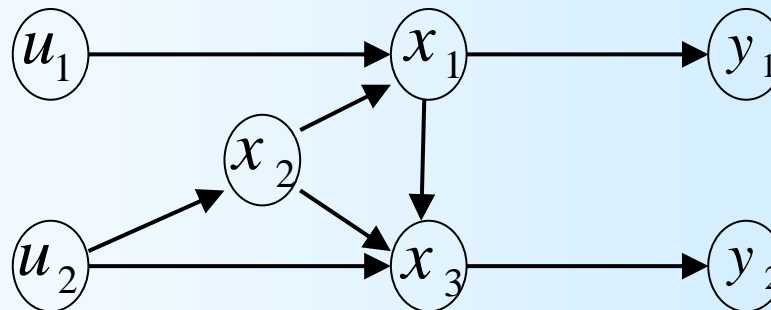
Systèmes linéaires structurés

Propriété générique : vraie pour toute valeur Λ n'appartenant pas à une variété algébrique propre dans R^k

Rang générique

=

nombre maximum de chemins entrée-sortie sommets disjoints.



$$\text{g-rang} \left(T_{\Lambda} (s) \right) = 2$$

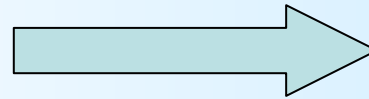
Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

Systèmes linéaires structurés

Conclusion sur les systèmes structurés

$$\Sigma_{\Lambda}$$



$$G(\Sigma_{\Lambda})$$

Système structuré
sur le quel on
étudie des propriétés
dites génériques.

Graphe associé
à ce système
structuré.

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

Détection et localisation de défauts

$$\Sigma_{\Lambda} \begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + F_1 f(t). \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) + F_2 f(t). \end{cases}$$

• $x(t) \in R^n$ vecteur des états .

• $u(t) \in R^m$ vecteur des commandes .

• $y(t) \in R^p$ vecteur des sorties .

• $f(t) \in R^r$ vecteur des défauts .

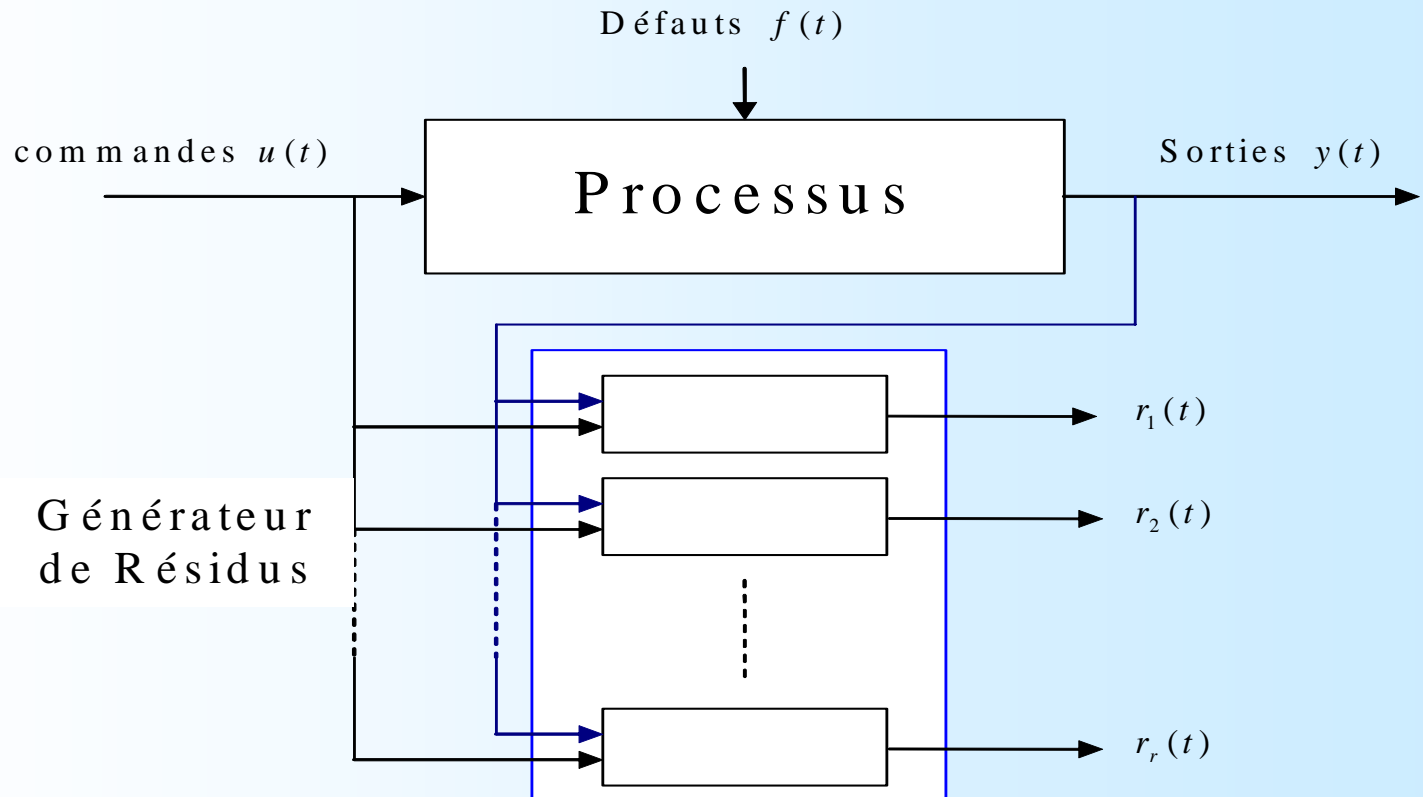
Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

Détection et localisation de défauts avec une banque d'observateurs

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- **FDI**
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives



Détection et localisation de défauts avec une banque d'observateurs

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

$$\Sigma_{\Lambda} \begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + F_1 f(t). \\ y(t) = Cx(t) + F_2 f(t). \end{cases}$$

$i^{\text{ème}}$ observator :

$$\dot{\hat{x}}^i(t) = A\hat{x}^i(t) + K^i(y(t) - C\hat{x}^i(t))$$

Les résidus :

$$r_i(t) = Q^i(y(t) - C\hat{x}^i(t))$$

Détection et localisation de défauts avec une banque d'observateurs

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

Trouver K^i et Q^i

tel que pour $i = 1 \dots r$ $A - K^i C$ stable

$$r(s) = \begin{bmatrix} t_{11}(s) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & t_{22}(s) & \cdot & \vdots \\ \vdots & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & \dots & 0 & t_{rr}(s) \end{bmatrix} f(t)$$

Détection et localisation de défauts avec une banque d'observateurs

Théorème

La condition nécessaire et suffisante pour que le problème **FDI** soit soluble avec une banque d'observateurs :

$$k = r$$

Le nombre maximum de chemins défauts-sorties sommets disjoints

Le nombre de défauts

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspective

Détection et localisation de défauts avec une banque d'observateurs

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - **exemple.**
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

Exemple

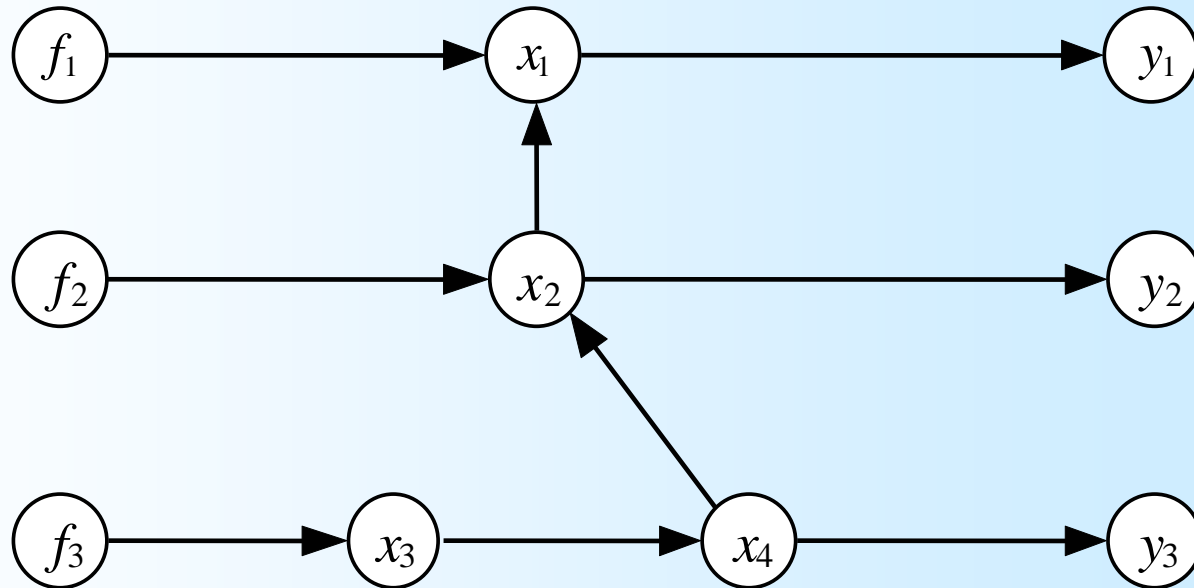
$$A = \begin{bmatrix} 0 & \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 & 0 \end{bmatrix}, F_1 = \begin{bmatrix} \lambda_4 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_5 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_6 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$C = \begin{bmatrix} \lambda_7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_8 & 0 & \lambda_9 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{10} \end{bmatrix}$$

Détection et localisation de défauts avec une banque d'observateurs

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - **exemple.**
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives



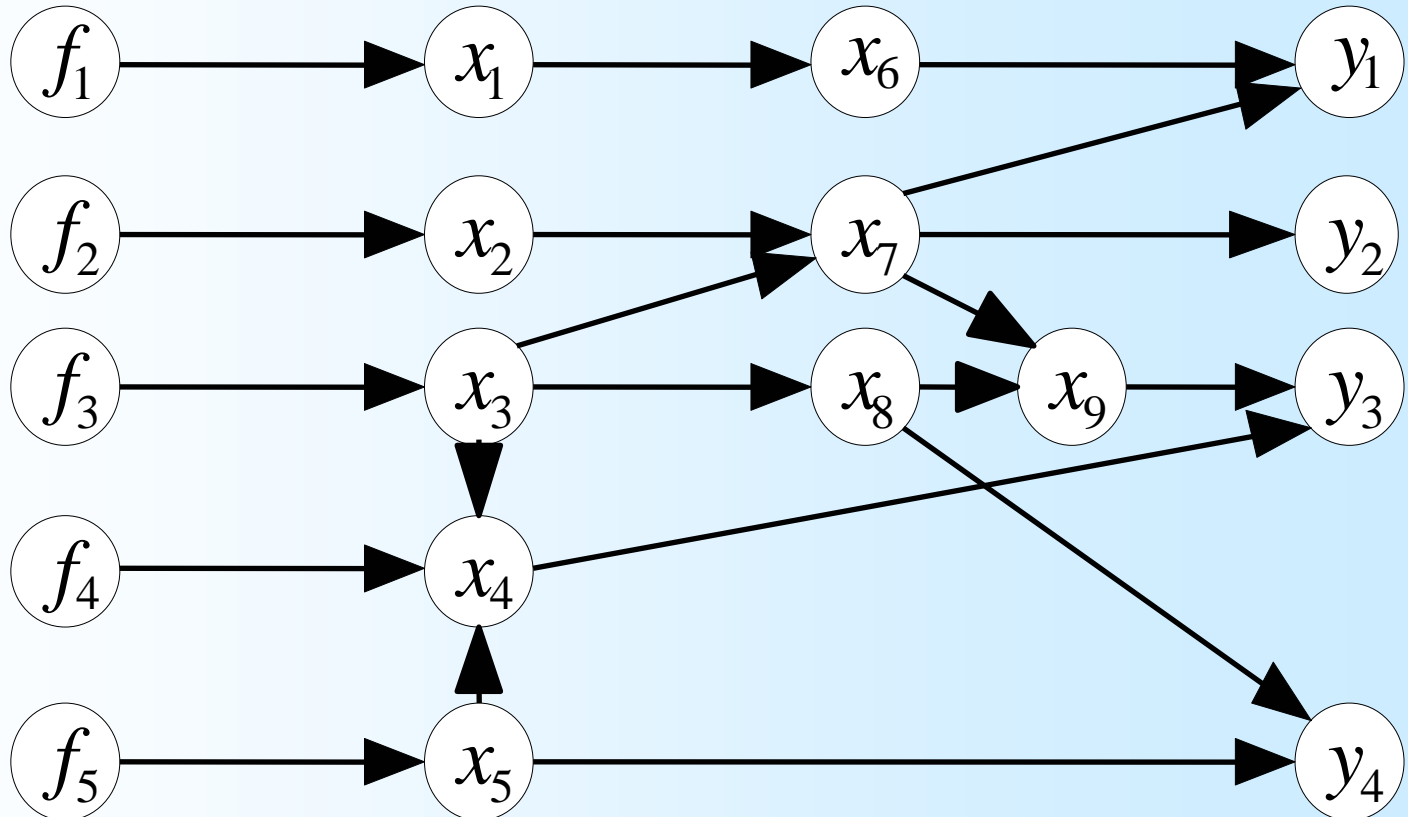
$$k = 3 \quad r = 3 \quad \longrightarrow \quad k = r$$

Problème
génériquement
soluble

localisation de capteurs

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

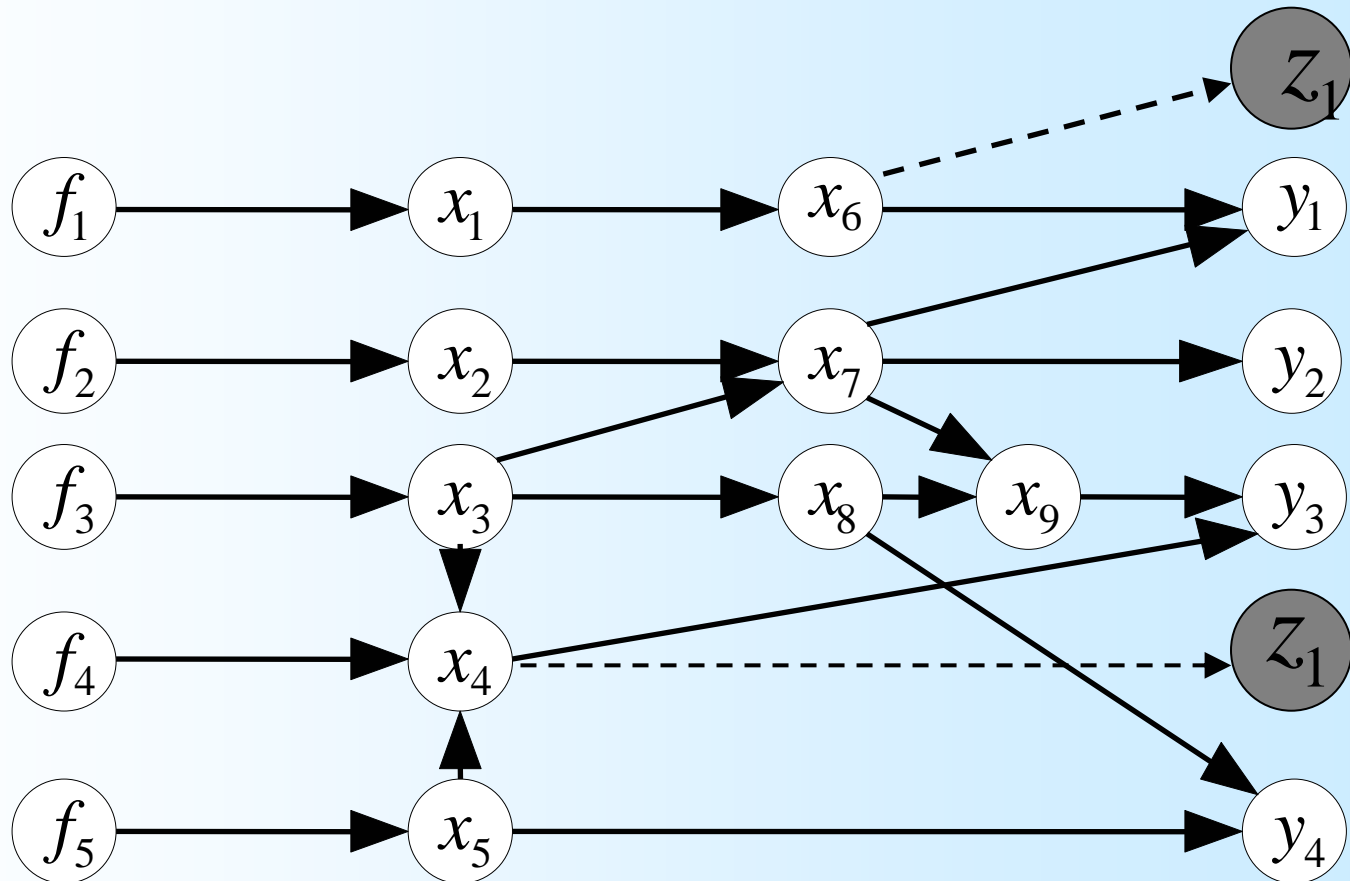


$$k = 4 \quad r = 5 \quad \longrightarrow \quad k \neq r$$

localisation de capteurs

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives



$$k = 5 \quad r = 5 \quad \longrightarrow \quad k = r$$

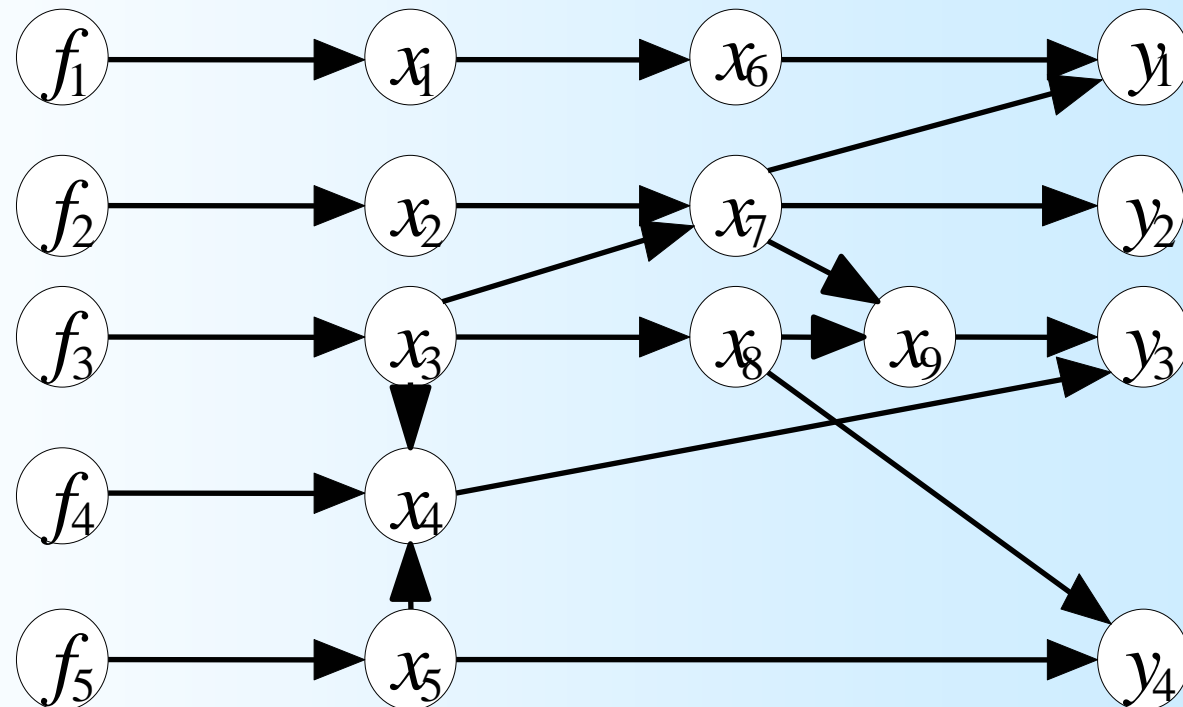
$$k = 4 \quad r = 5 \quad \longrightarrow \quad k \neq r$$

localisation de capteurs

Système réduit

Séparateur (S): un ensemble de sommets tel que chaque chemin entrées-sorties a au moins un sommet dans cet ensemble.

Séparateur minimal d'entrées (S^*): un séparateur qui contient un nombre minimum de sommets et qui est le plus proche des entrées.

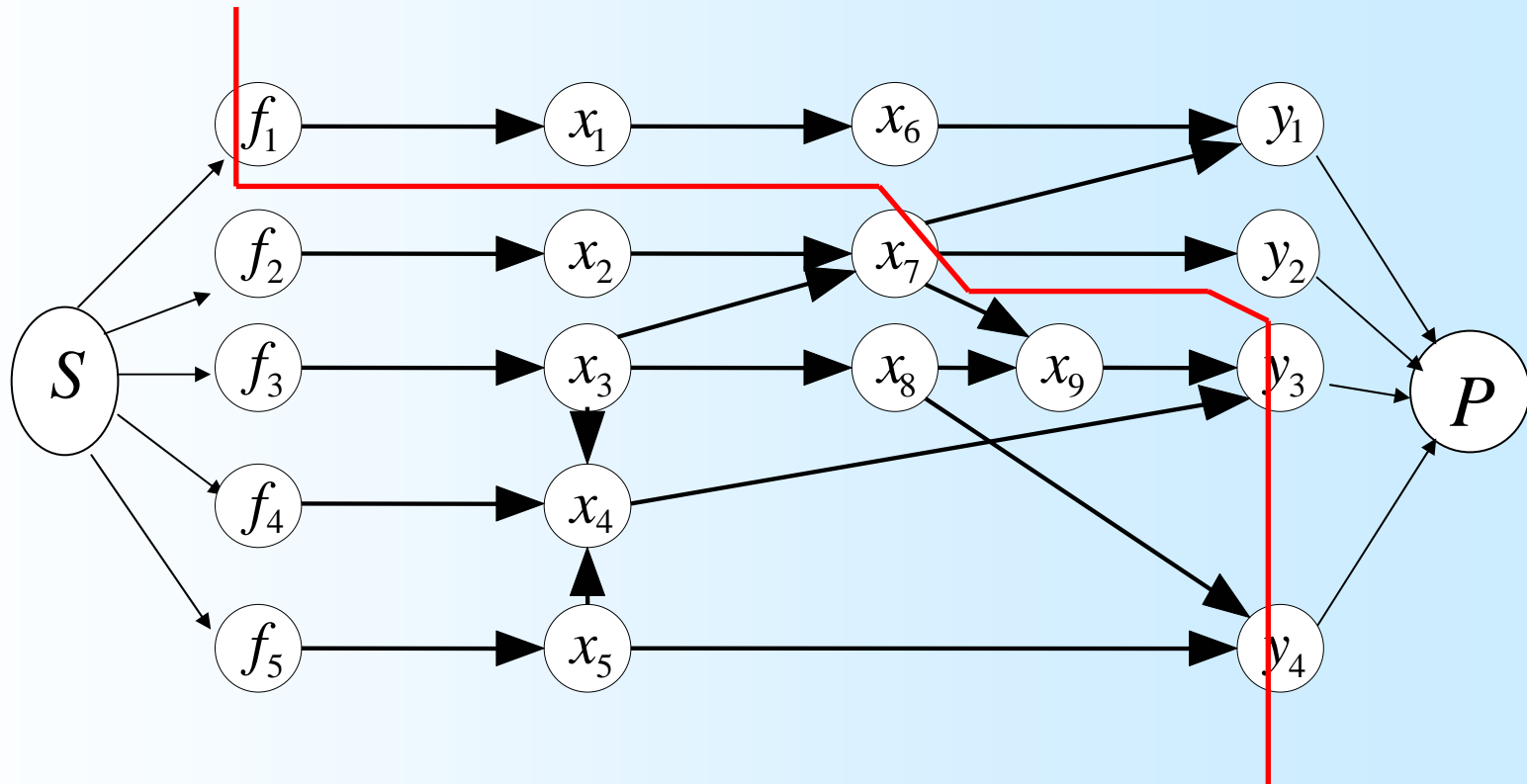


Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - **système réduit**
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

localisation de capteurs

Trouver S^*



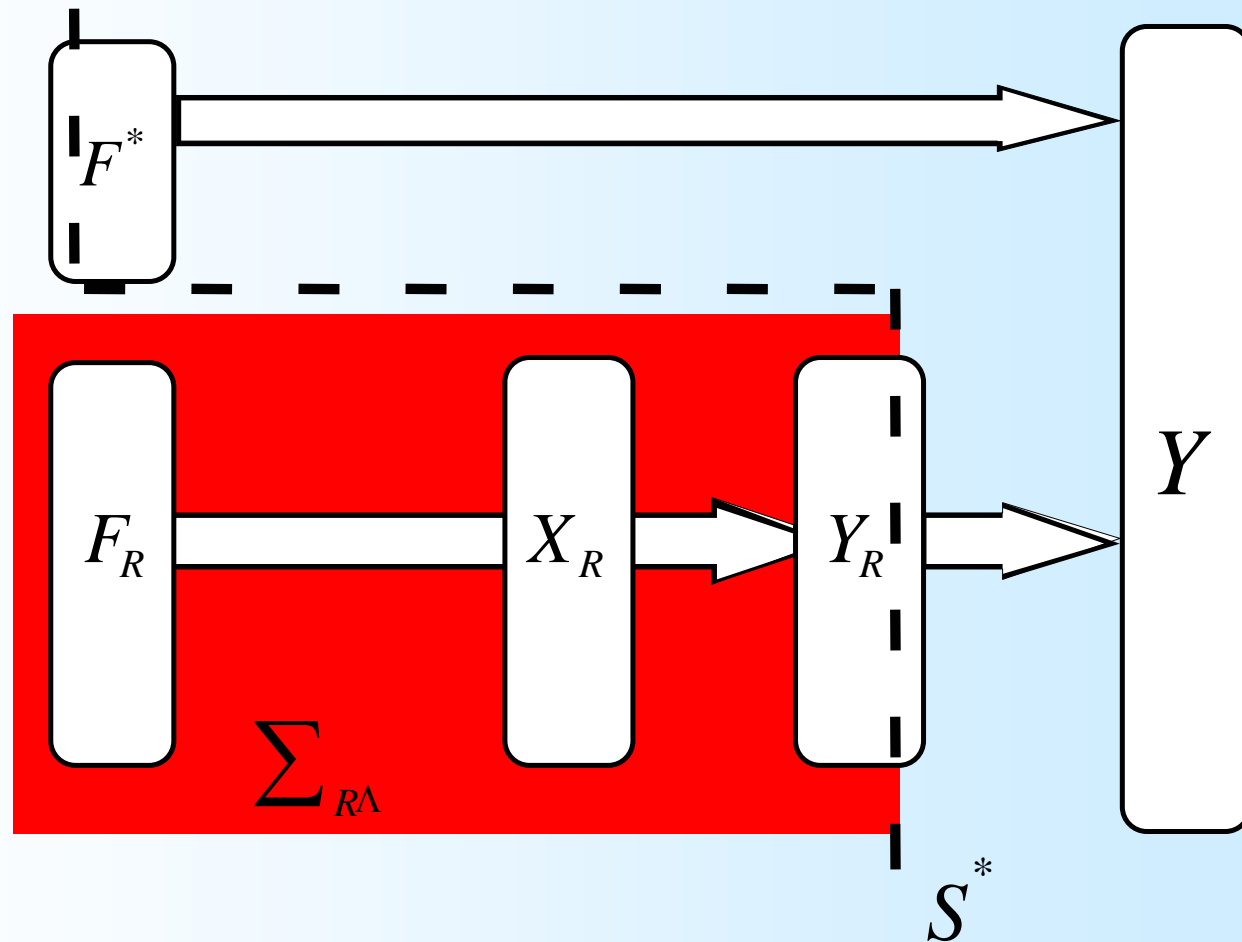
Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

localisation de capteurs

Plan de l'exposé

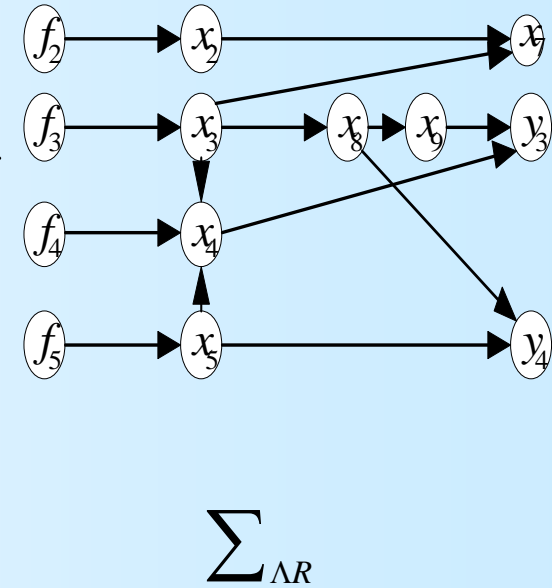
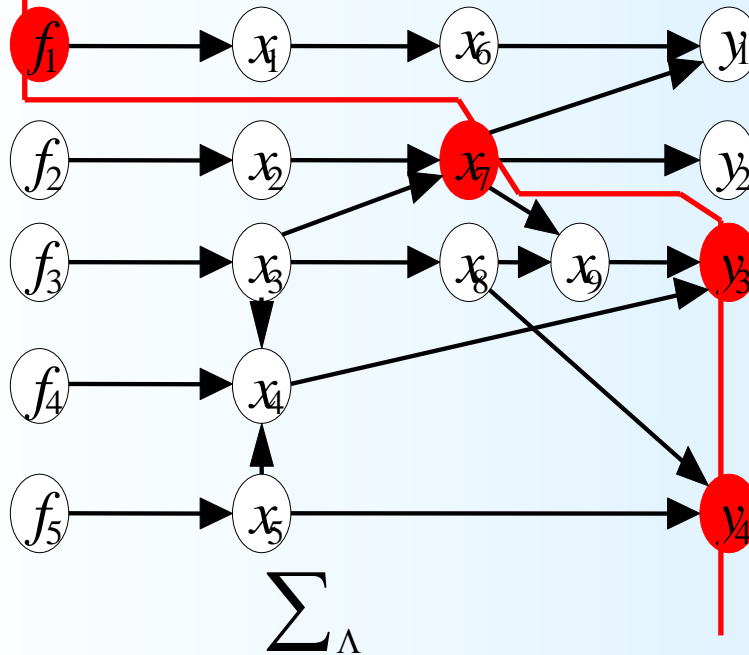
- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives



localisation de capteurs

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

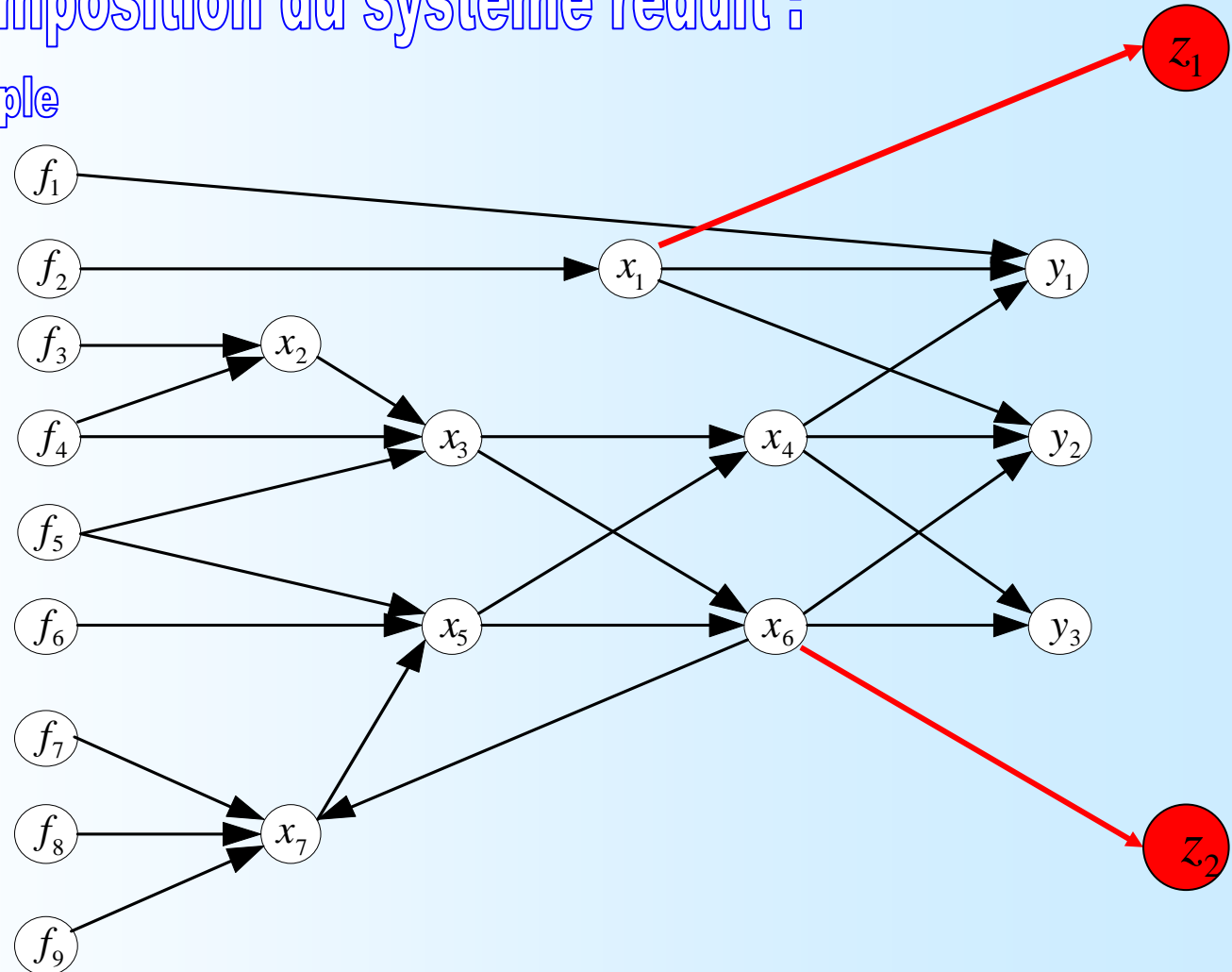


Théorème : FDI sur Σ_{Λ} \longleftrightarrow FDI sur $\Sigma_{R\Lambda}$

localisation de capteurs

Décomposition du système réduit :

exemple



Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - **Décomposition du système réduit.**
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

localisation de capteurs

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

Algorithme :

Initialisation : on ajoute une source et un puits.

on donne des capacités de 1 pour tous les sommets.

1 On utilise l'algorithme de FORD ET FULKERSON et on calcule le flot maximum et la coupe minimale qui représente un séparateur

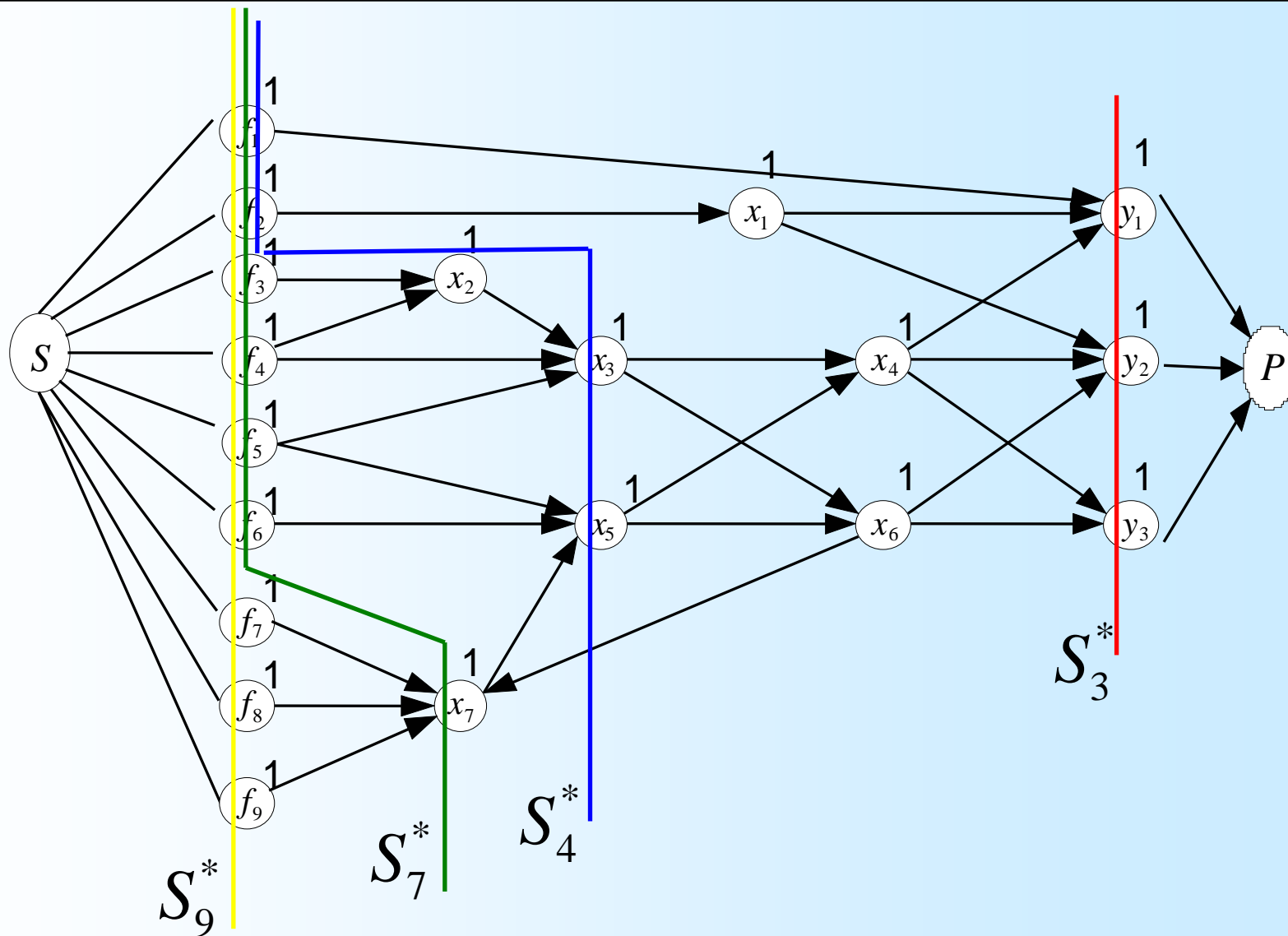
$S_{k+p_i}^*$ si ce séparateur passe par toutes les entrées on s'arrête si non on passe à **2**

2 On ouvre les capacités des sommets de cette coupe minimale (sauf pour les sommets d'entrée) et les capacités des sommets qui se trouvent après la coupe, on revient à **1**

localisation de capteurs

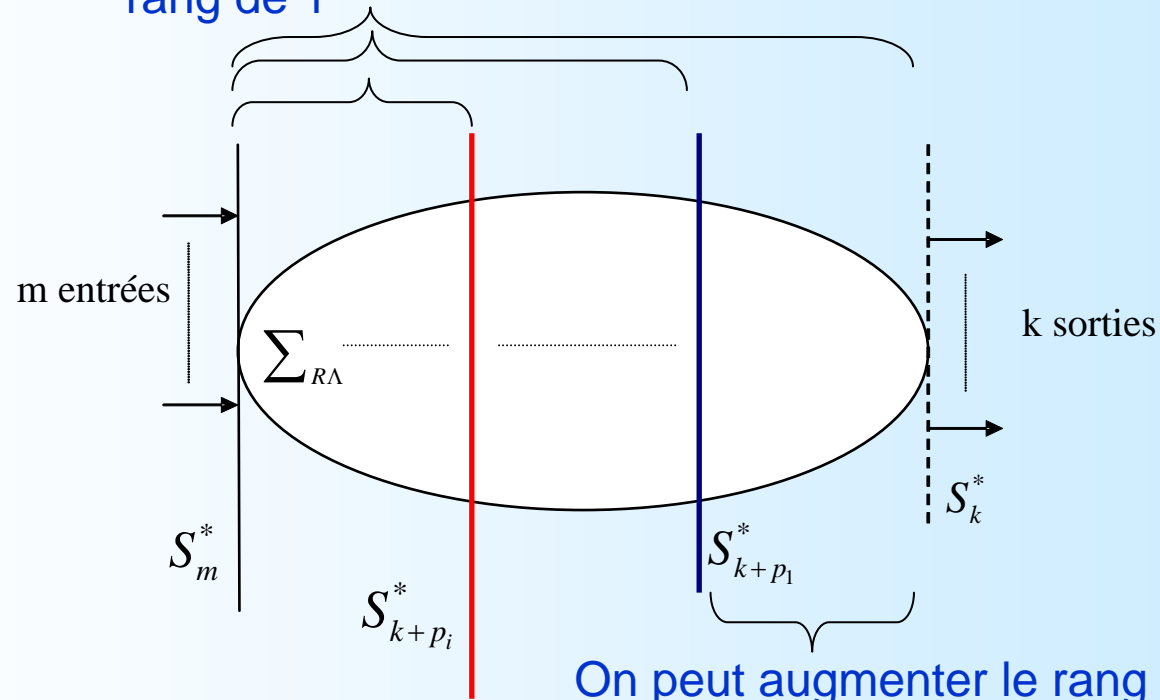
Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - **exemple**
- Conclusion perspectives



localisation de capteurs

Quelle que soit la mesure on augmente le rang de 1



Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - **exemple**
- Conclusion perspectives

conclusion et perspectives

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

On a présenté :

- Les systèmes linéaires structurés.
 - Le problème **FDI**.
 - La condition de solubilité générique du problème **FDI**.
 - La décomposition du système pour le problème de localisation de capteurs.
 - La décomposition du système réduit.
-
- D'autres séparateurs qui ont des propriétés semblables.
 - Structure de l'ensemble des séparateurs.

Plan de l'exposé

- Introduction
- Systèmes structurés
 - définition.
 - exemple.
 - rang générique.
- FDI
 - définition.
 - condition de la solubilité générique
 - exemple.
- Localisation de Capteurs
 - exemple
 - système réduit
 - Décomposition du système réduit.
 - algorithme
 - exemple
- Conclusion perspectives

Merci