

Analyse de testabilité de systèmes flot de données

Chantal Robach

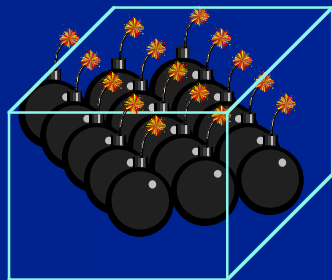
Laboratoire LCIS - ESISAR

Problématique

La validation



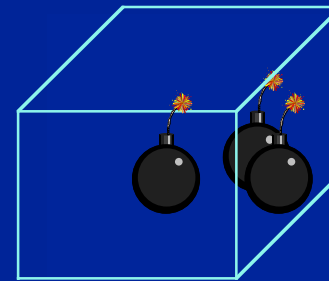
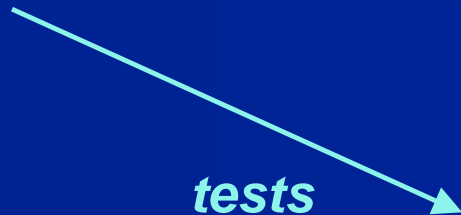
*conformité du produit
par rapport à sa spécification*



vérification



tests



✓ *Qu'est-ce que la testabilité ?*



facilité à tester

Problématique

La testabilité :

- ✓ est un facteur qualité du système
- ✓ n'est pas le test

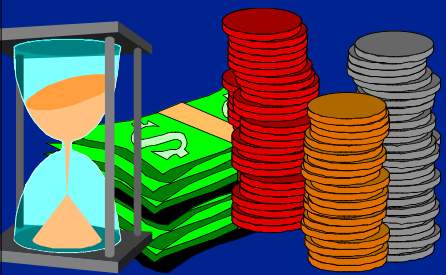
Analyser la testabilité :

Quand ?

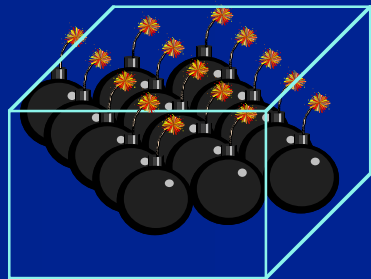
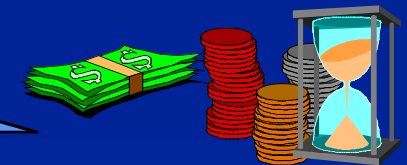
→ le plus tôt possible dans la conception

Problématique

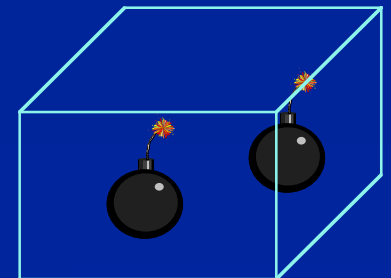
Pourquoi ?



Coût et effort



Confiance



Plan de l'exposé

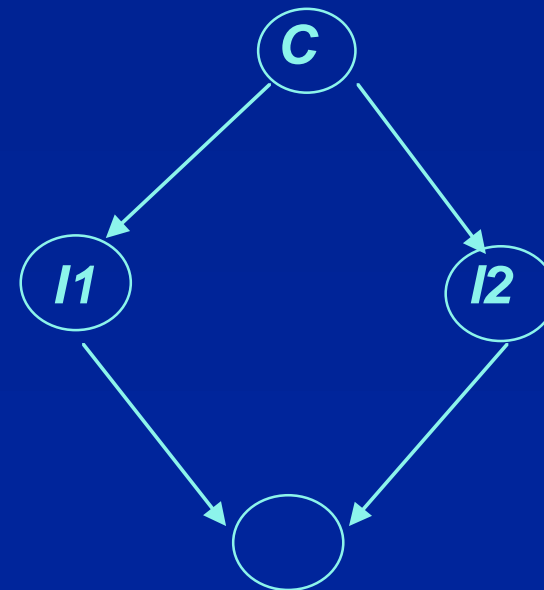
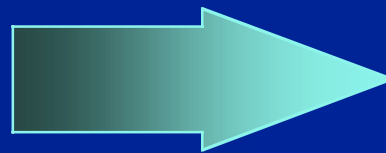
- **1. Etat de l'art sur la testabilité**
- **2. Modèle informel de testabilité et diagnosabilité**
- **3. Le modèle de flot d'information**
- **4. Analyse de testabilité et diagnosabilité**
- **5. Conclusions et perspectives**

Etat de l'art : testabilité

- ✓ Testabilité orientée technique de test
- ✓ Testabilité orientée critères externes
- ✓ Testabilité orientée critères internes

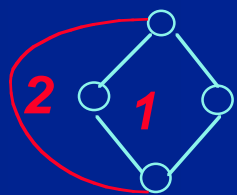
Etat de l'art : testabilité orientée technique de test

*si C alors I1
sinon I2*



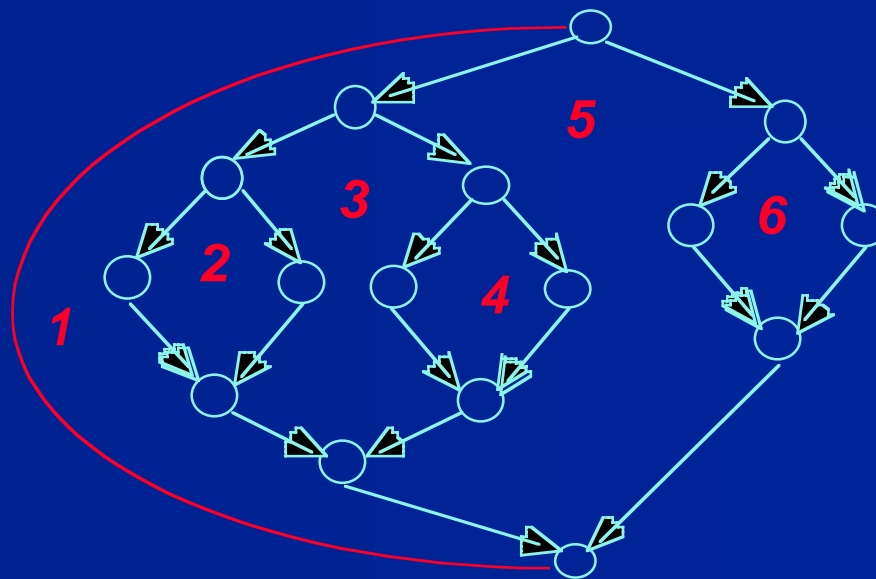
Etat de l'art : testabilité orientée technique de test

Deux exemples extrêmes : le nombre cyclomatique
le Npath



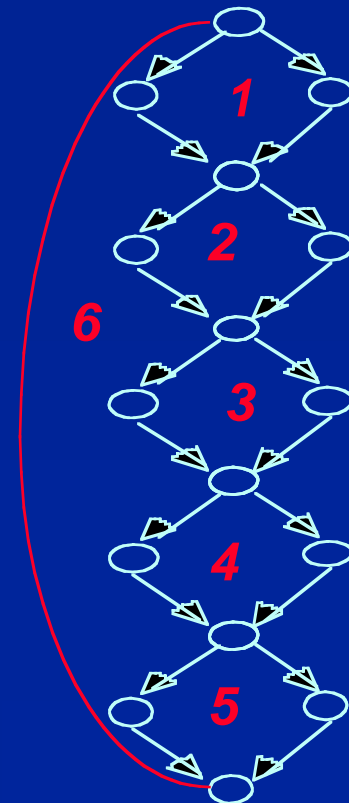
$V = 2$

$Npath = 2$



$V = 6$

$Npath = 6$

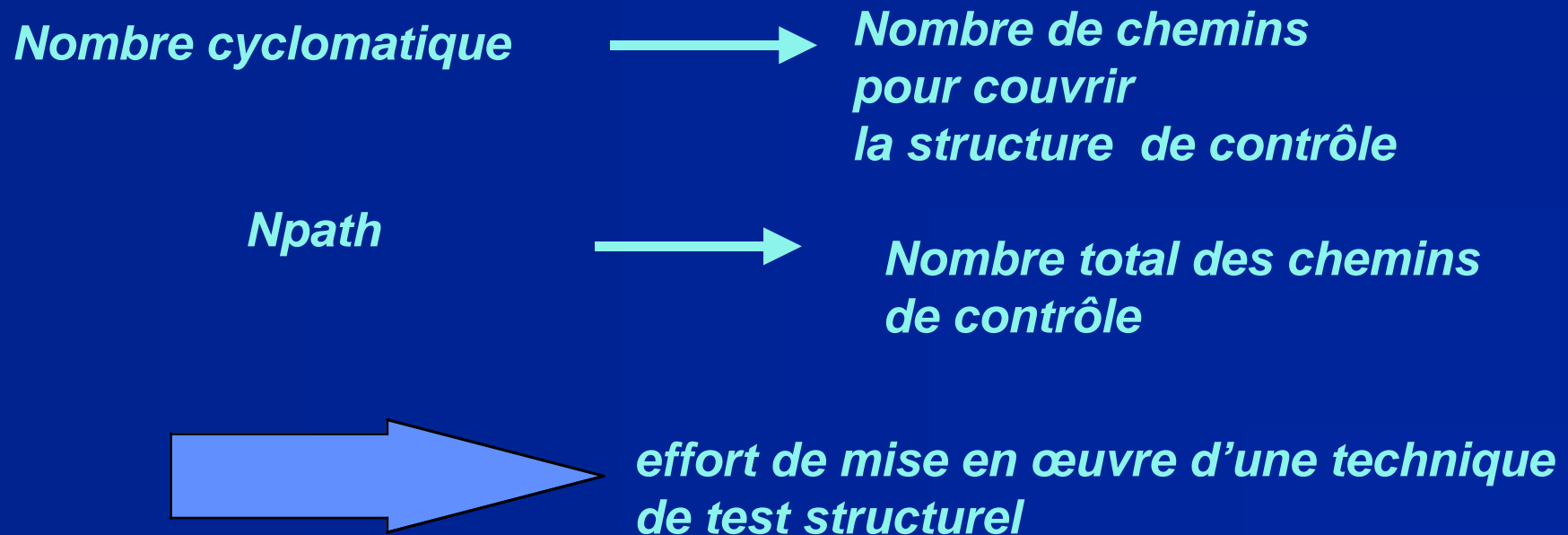


$V = 6$

$Npath = 32$

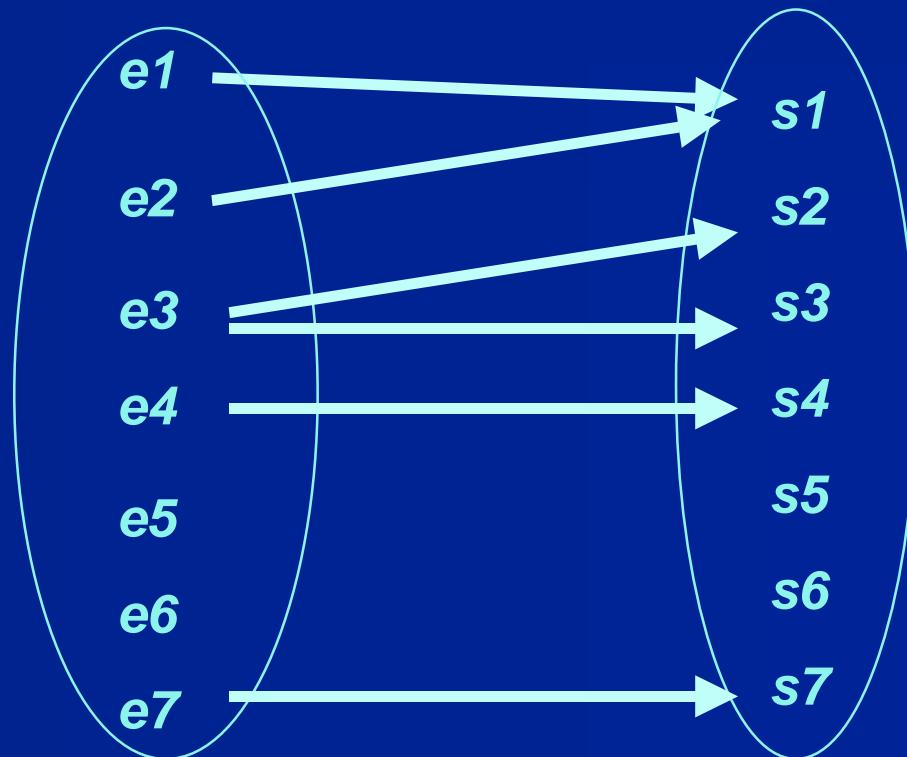
Etat de l'art : testabilité orientée technique de test

*Définition : effort de mise en œuvre d'une technique de test
et d'obtention du critère d'arrêt*



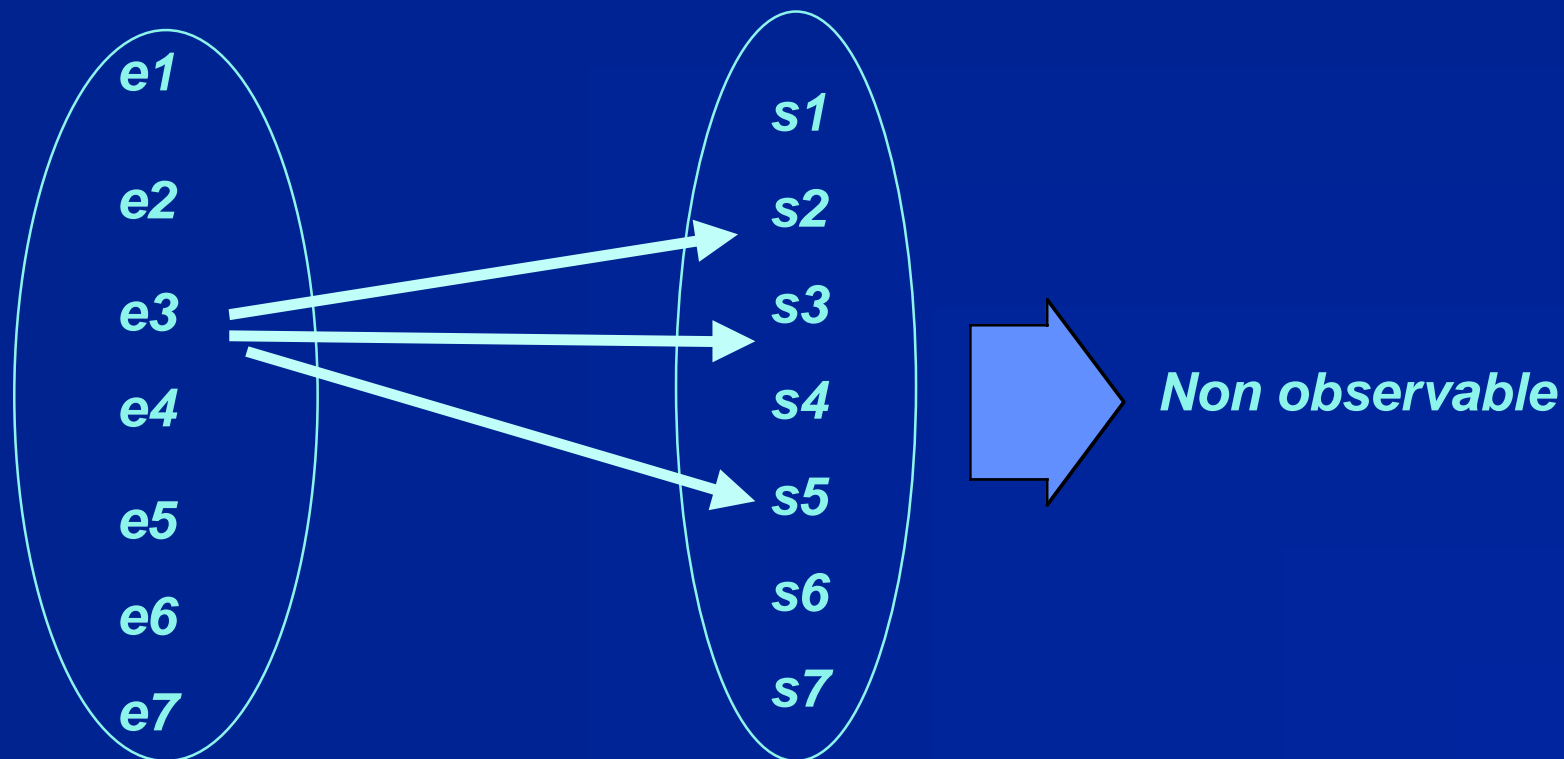
Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Définition : cohérence/consistance des entrées/sorties



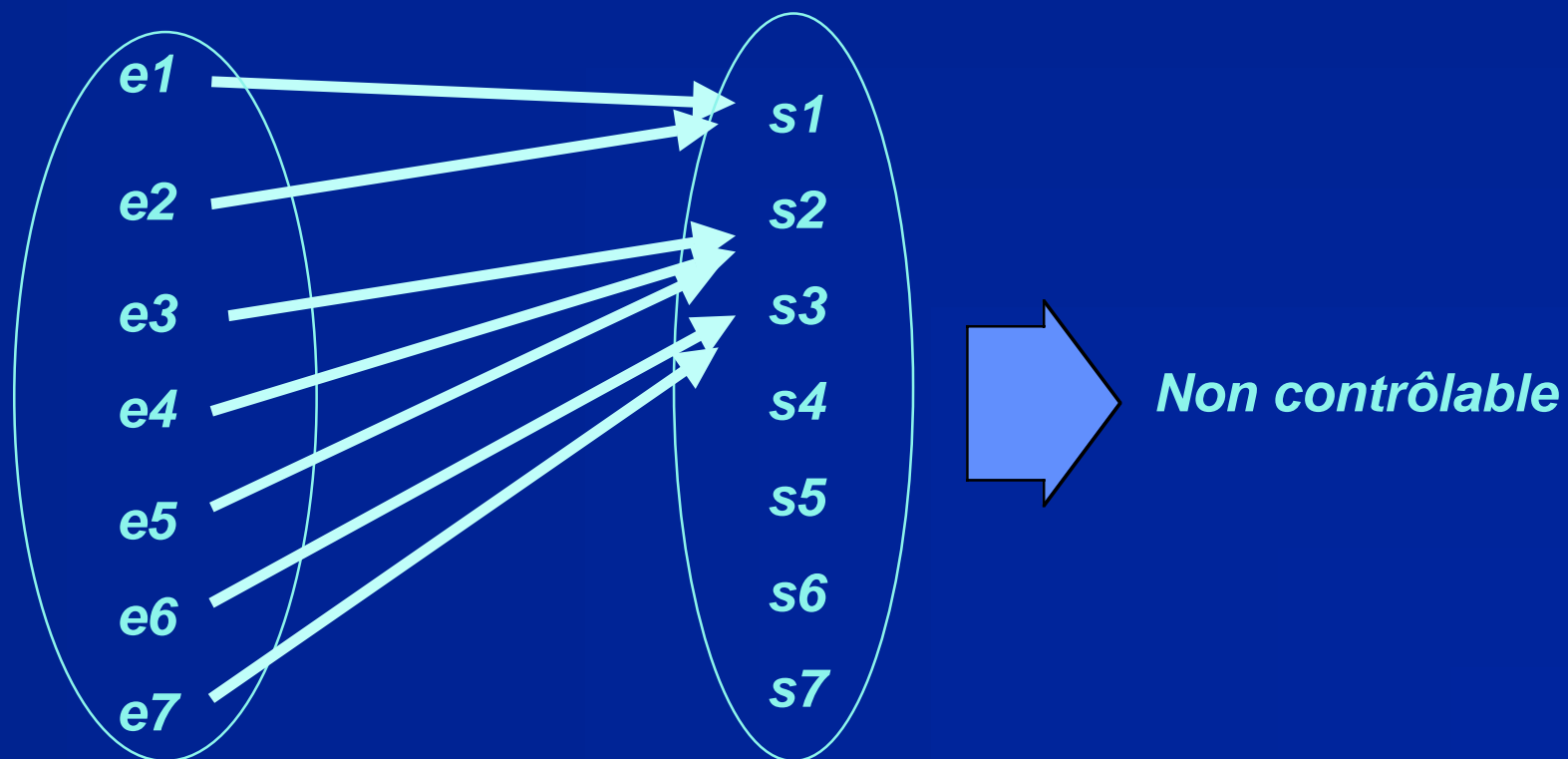
Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Freedman



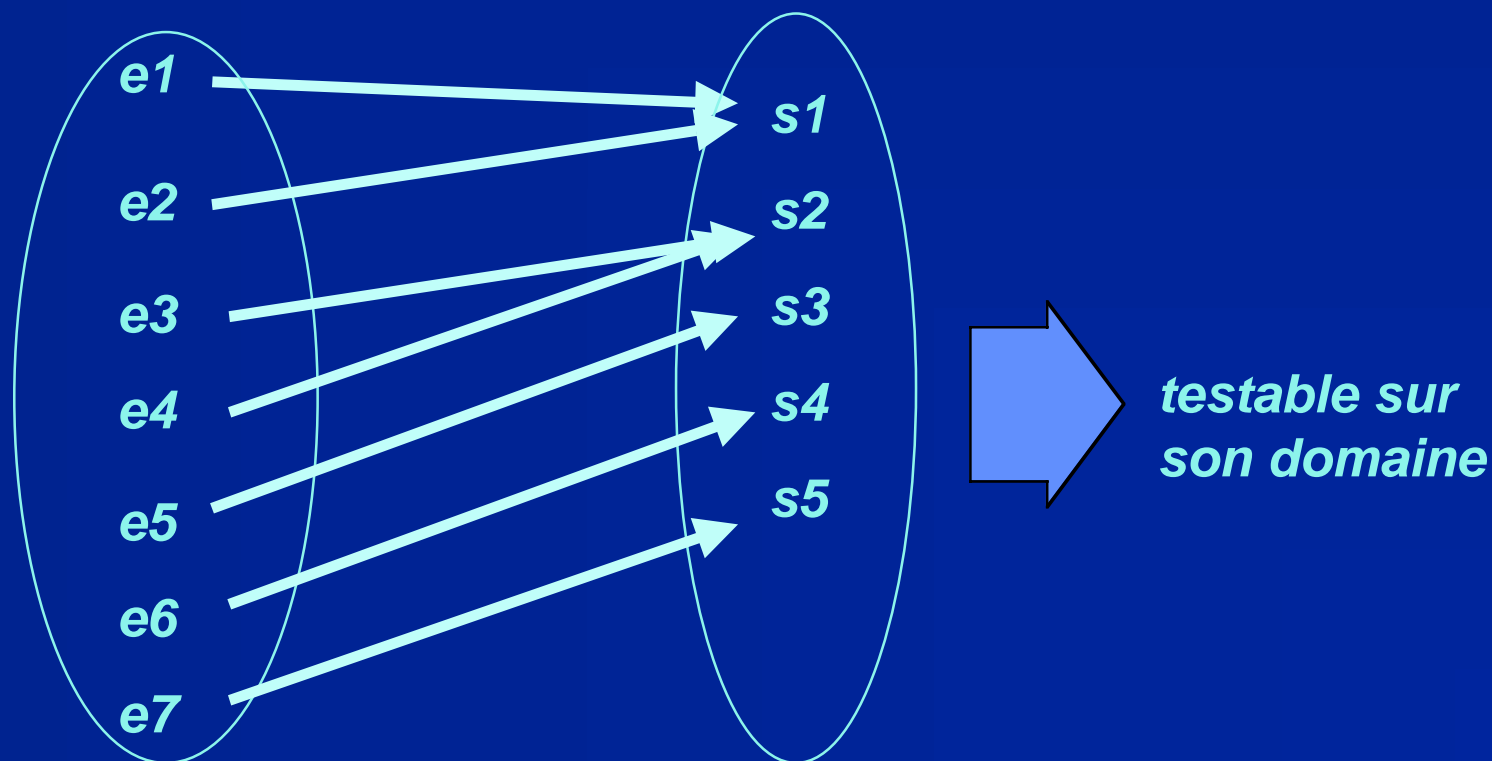
Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Freedman



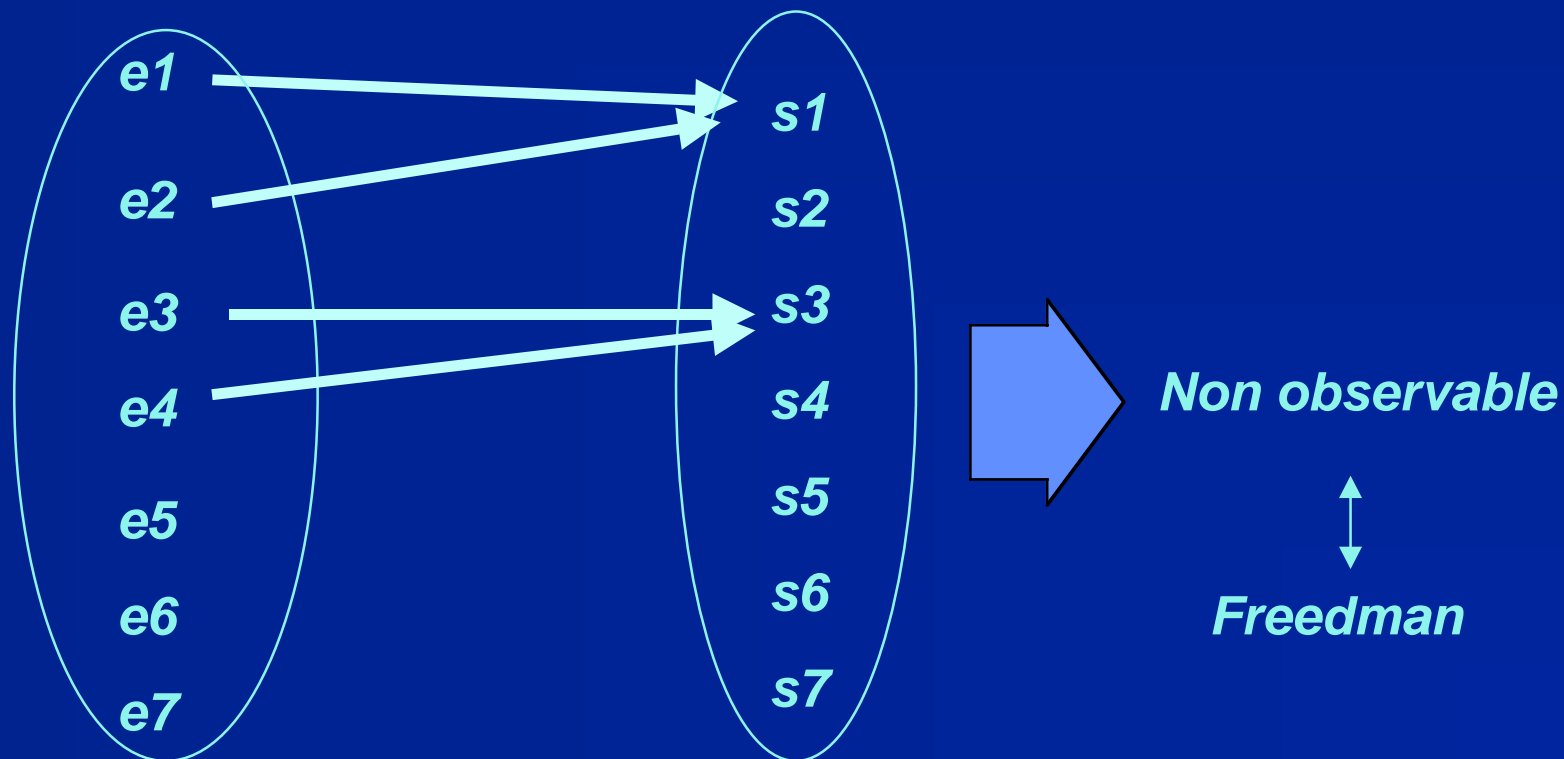
Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Freedman



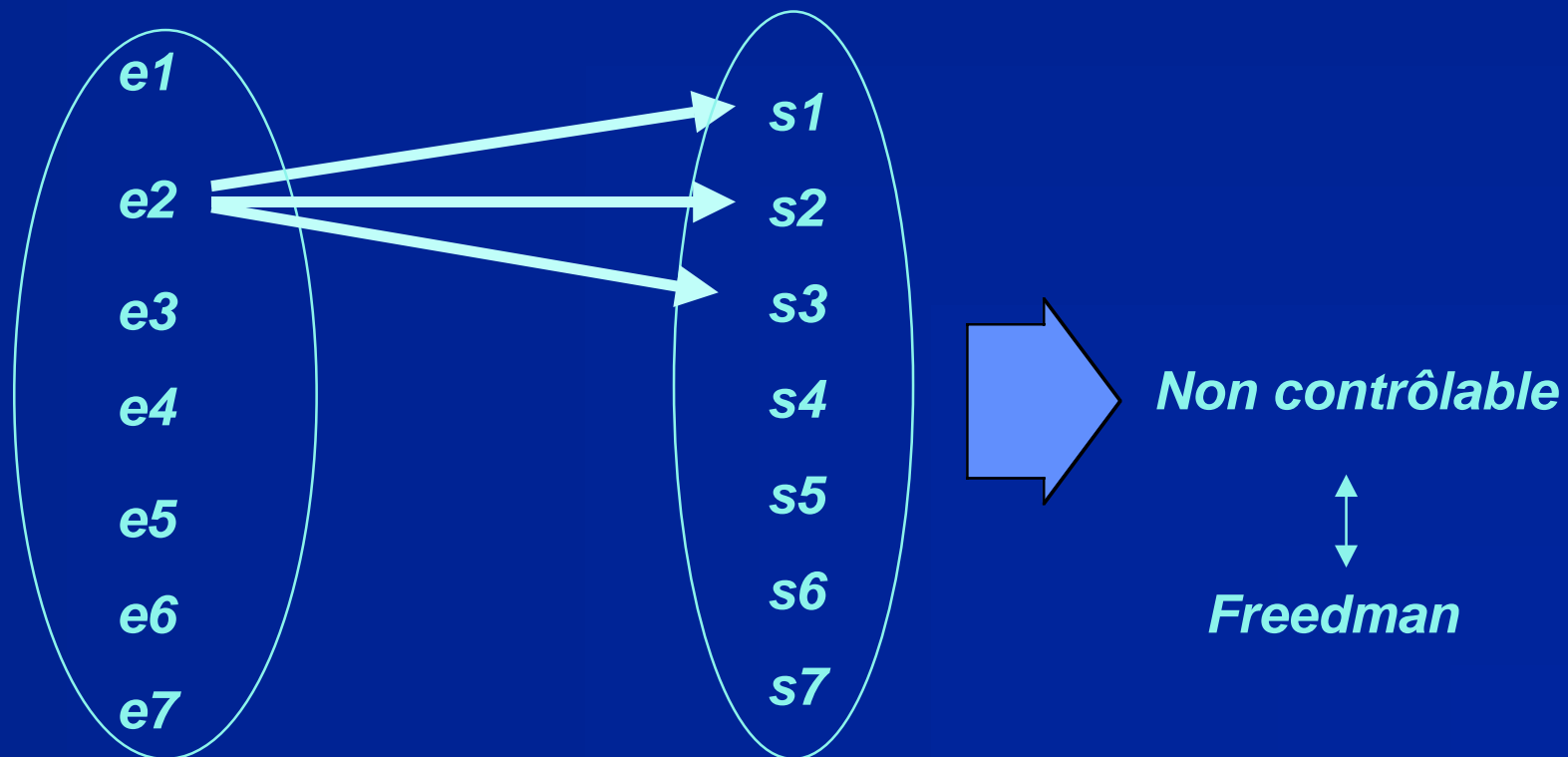
Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Karoui



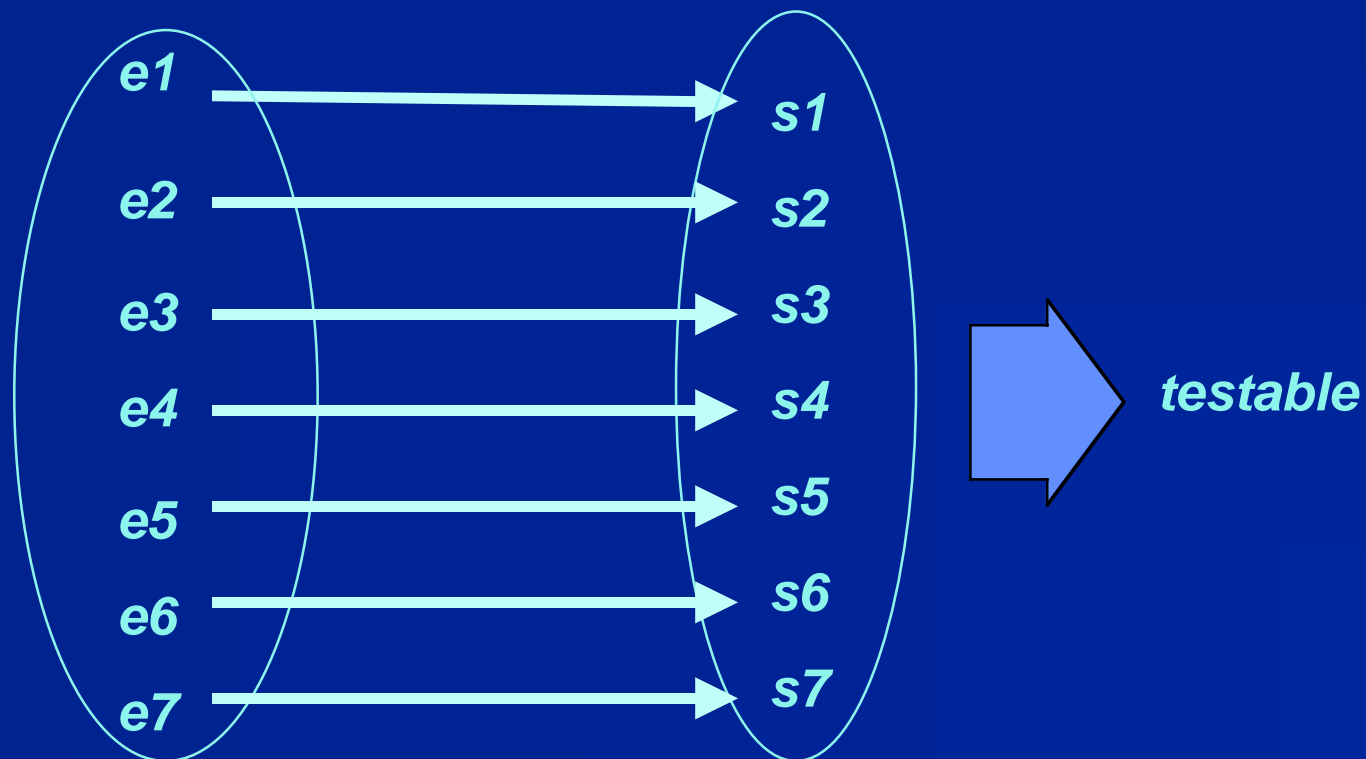
Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Karoui



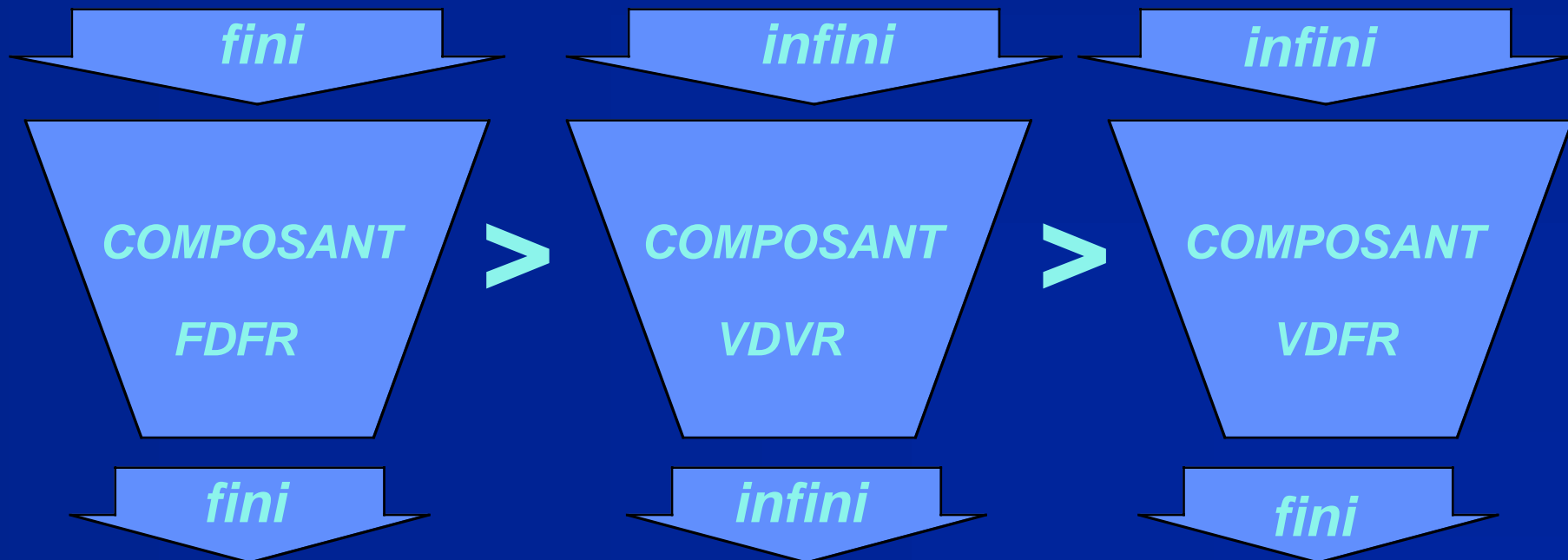
Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Karoui



Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Voas et Miller



Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Définition : cohérence/consistance des entrées/sorties

Avantages :



*très tôt dans la spécification
(approche descendante)*



*tendance du logiciel à être
difficilement testable*



Freedman



*connaissance quasi-exhaustive
de la relation entrées/sorties*

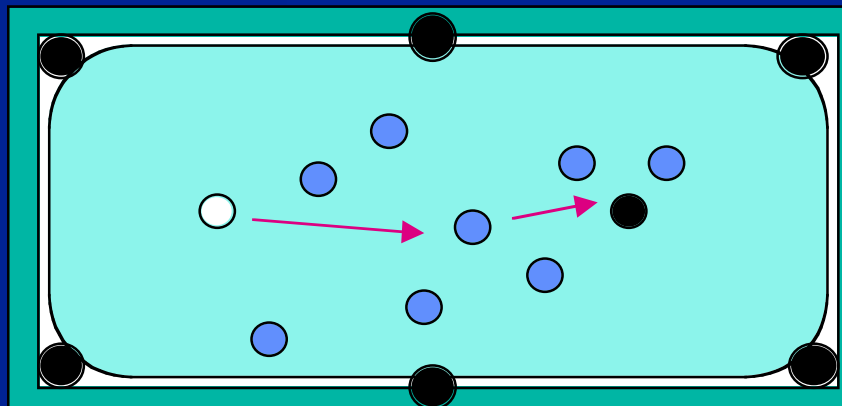
Voas et Miller



*relation ordinale
peu discriminatoire*

Etat de l'art : testabilité orientée critères internes

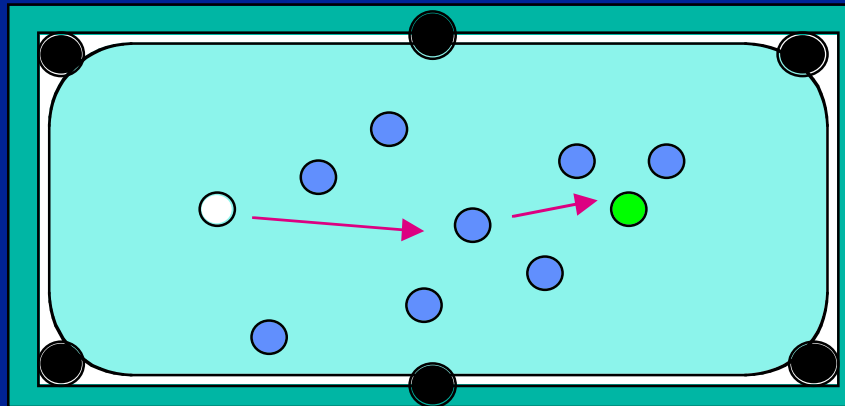
Définition : tendance du logiciel à révéler les fautes lors des tests



exécution

Etat de l'art : testabilité orientée critères internes

Définition : tendance du logiciel à révéler les fautes lors des tests

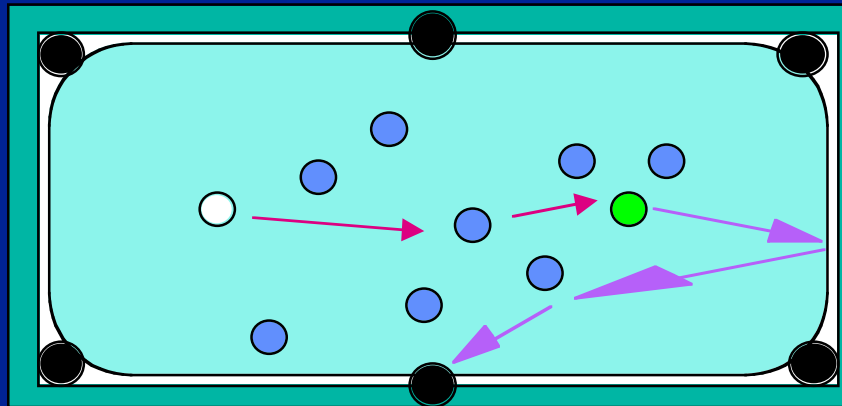


exécution

infection

Etat de l'art : testabilité orientée critères internes

Définition : tendance du logiciel à révéler les fautes lors des tests



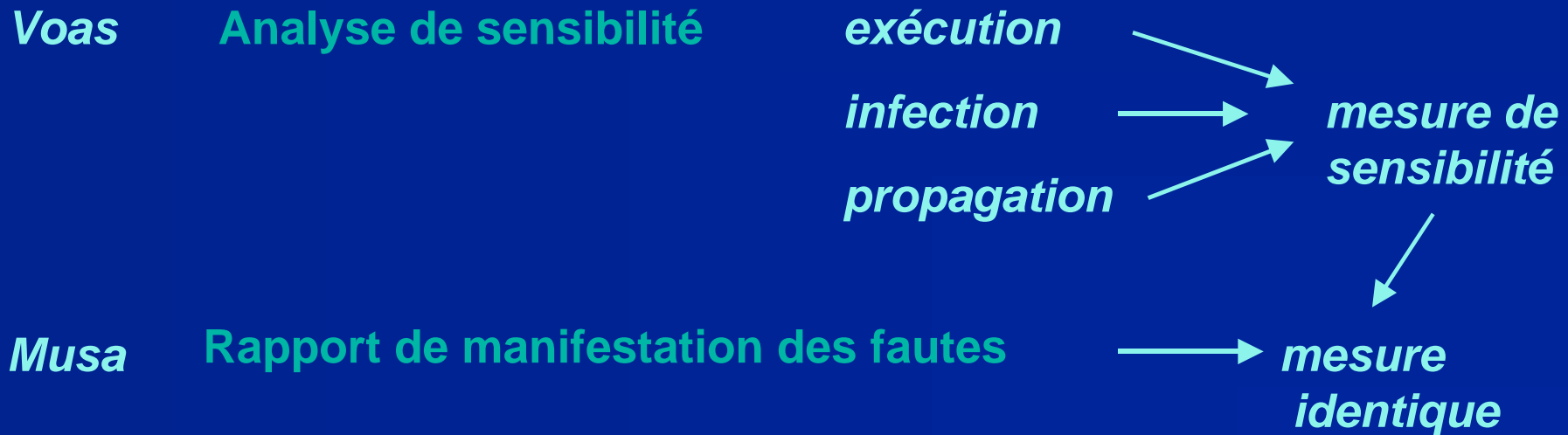
exécution

infection

propagation

Etat de l'art : testabilité orientée critères internes

Définition : tendance du logiciel à révéler les fautes lors des tests



Etat de l'art : testabilité orientée critères externes

Probabilité

Approche fiabiliste → *confiance*

MAIS

→ *très tard dans le cycle de vie
(après le codage)*

Etat de l'art : testabilité bilan

EFFORT



✓ Testabilité orientée technique de test



stratégie de test
critère de couverture

**TENDANCE
A REVELER
LES DEFAUTS
(confiance)**



✓ Testabilité orientée critères externes

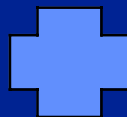


contrôlabilité/observabilité globales

✓ Testabilité orientée critères internes



contrôlabilité/observabilité locales



✓ Effort de diagnostic ou Diagnosabilité

Plan de l'exposé

- 1. Etat de l'art
- 2. Modèle informel de testabilité et diagnosabilité
- 3. Le modèle de flot d'information
- 4. Analyse de testabilité et diagnosabilité
- 5. Conclusions et perspectives

Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Testabilité d'architectures flots de données

→ *Spécification*

→ *Interconnexion de boîtes*

Analogie forte avec le matériel

→ *Temps-réel synchrone*

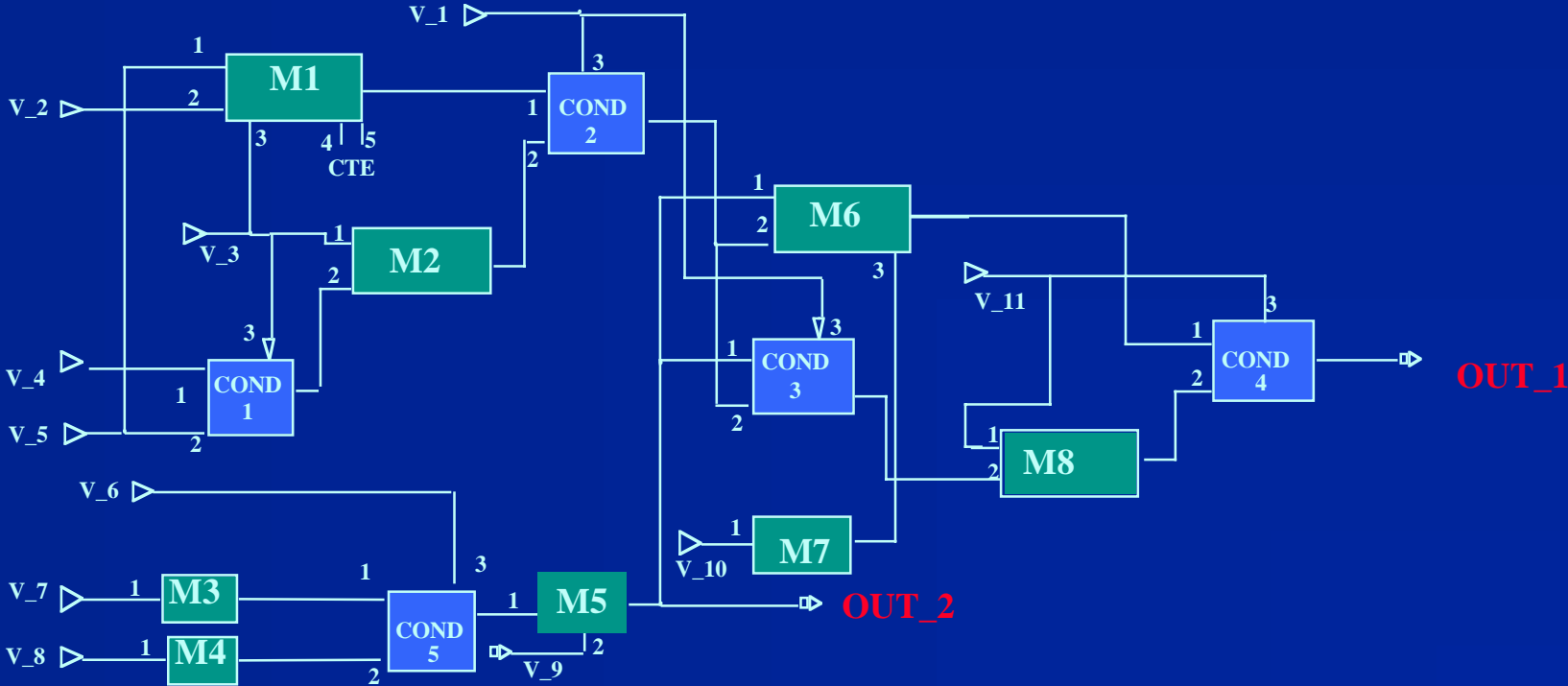
Analogie forte avec des langages comme LUSTRE

→ *Avionique et spatial*

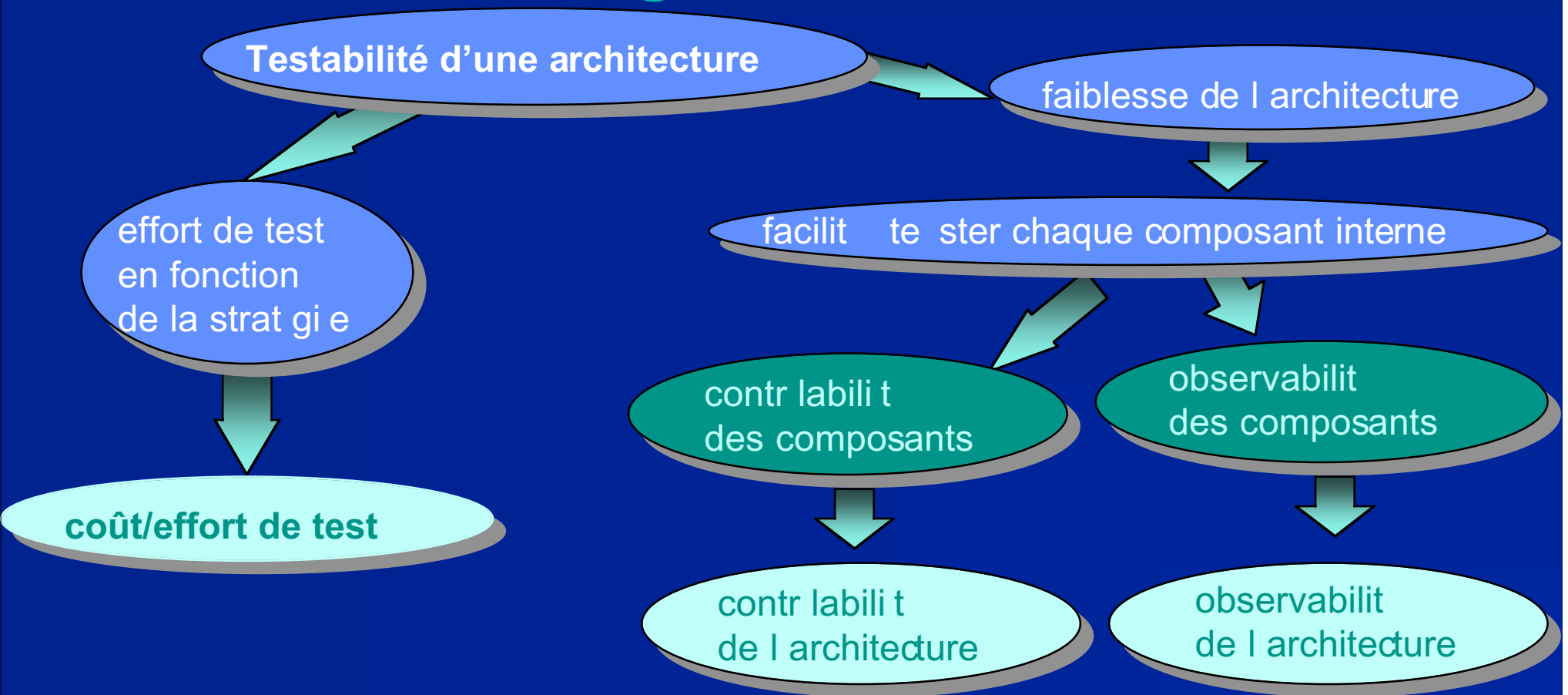
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Testabilité d'architectures flots de données SAO

(Spécification Assistée par Ordinateur)



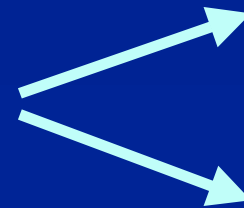
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité



Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

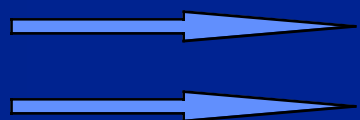
Coût de test dépend :

- *du nombre de cas de test*
- *de la "complexité" intrinsèque de chaque cas de test*



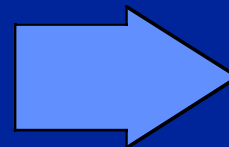
Génération

*Interprétation
(oracle)*



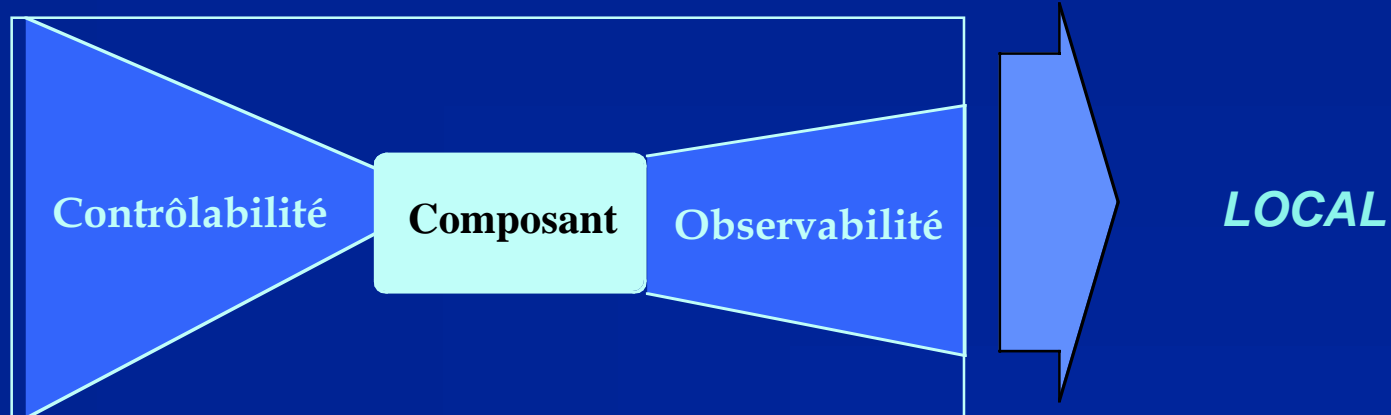
méthode de test

nature de la description



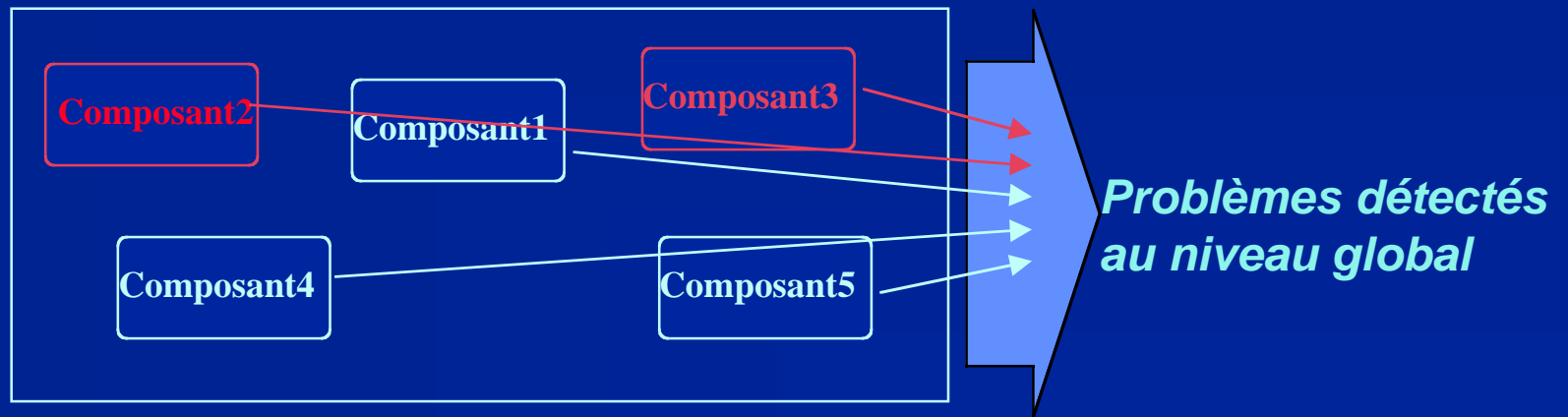
GLOBAL

Modèle informel de testabilité et diagnosabilité



CONTROLABILITE ET OBSERVABILITE LOCALES

Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

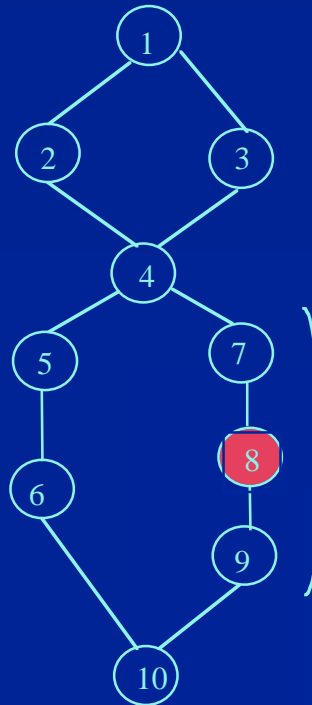


**CONTROLABILITE ET OBSERVABILITE
GLOBALES**

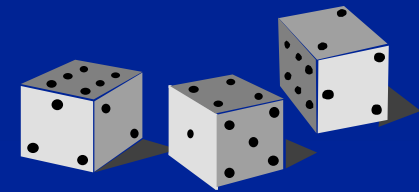
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité



5



3



Effort "probable"

● composant fautif

*Notion d'indiscernabilité
(dépend de la stratégie)*

Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Diagnosabilité d'une architecture

- = *Effort et précision du diagnostic*
- = *Effort de localisation des fautes détectées*
- = *Effort "probable" de localisation d'une faute détectée par une stratégie de test*

Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

7 mesures

globale

locale

testabilité

coût/effort de test

contrôlabilité de l'architecture

observabilité de l'architecture

contrôlabilité d'un composant

observabilité d'un composant

diagnosabilité de l'architecture

diagnosabilité d'un composant

diagnosabilité

Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

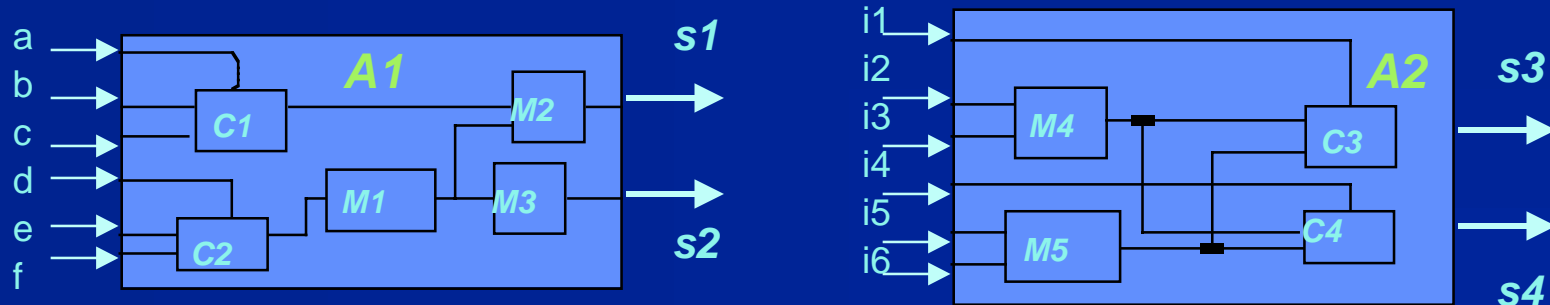
Comportement attendu des mesures

- ☀ **Trois opérations prévisibles**
 - Concaténation d'architectures
 - Instanciation d'un composant dans une architecture
 - Ajout d'un point d'observation

- ☀ **A chaque comportement correspond un **Axiome****

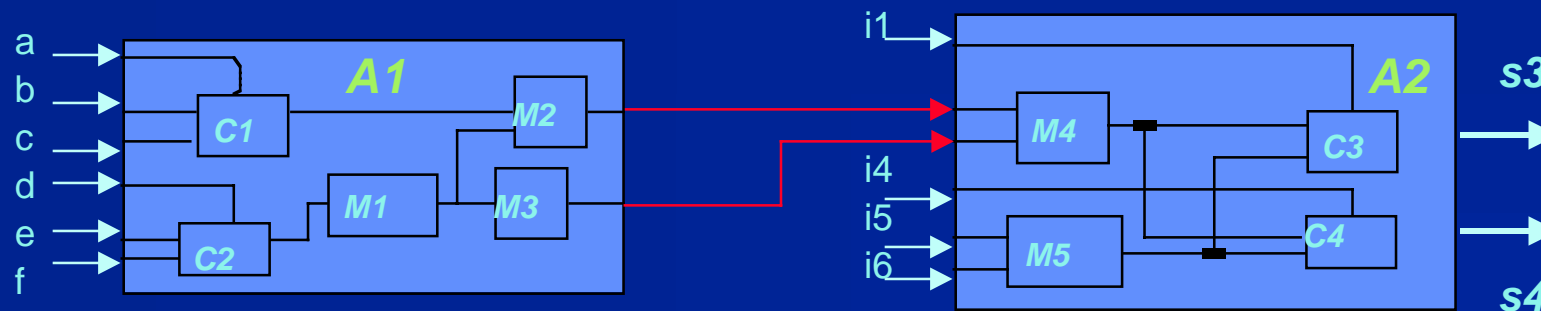
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Concaténation d'architectures



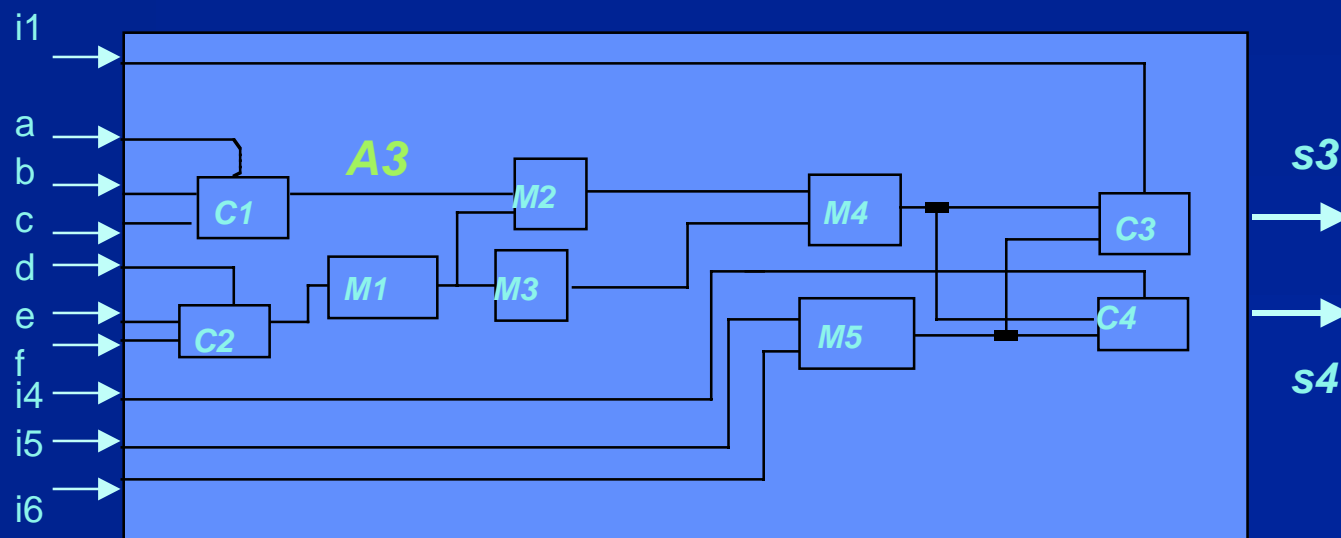
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Concaténation d'architectures



Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Concaténation d'architectures

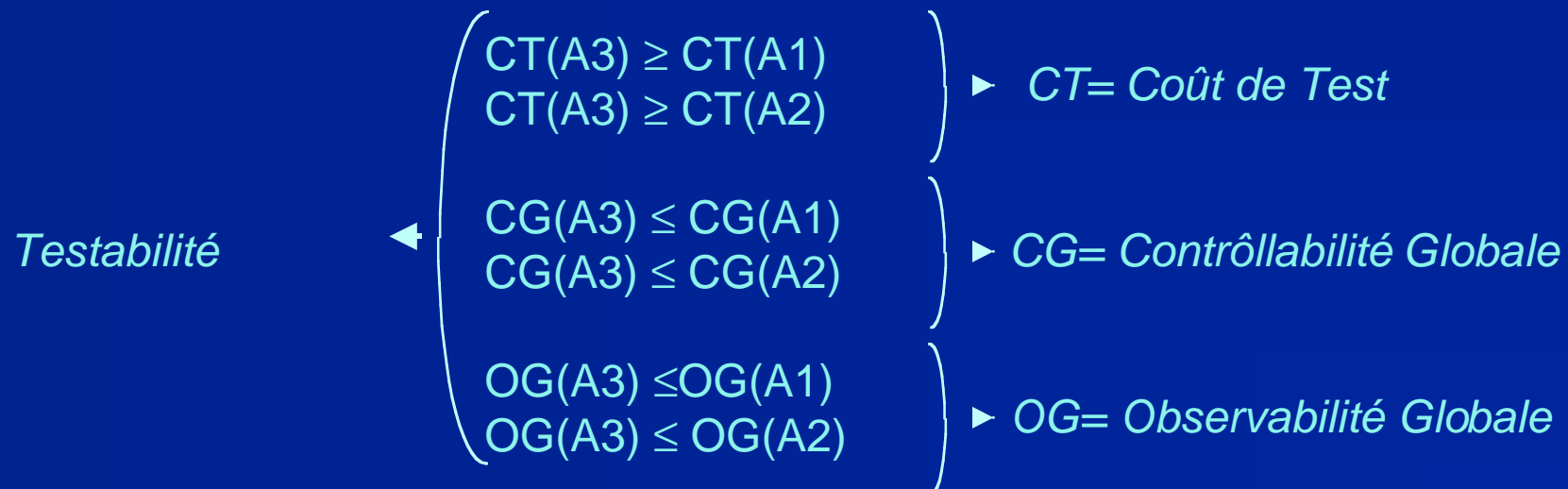


A3 ne peut être plus testable que A1 et A2

Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

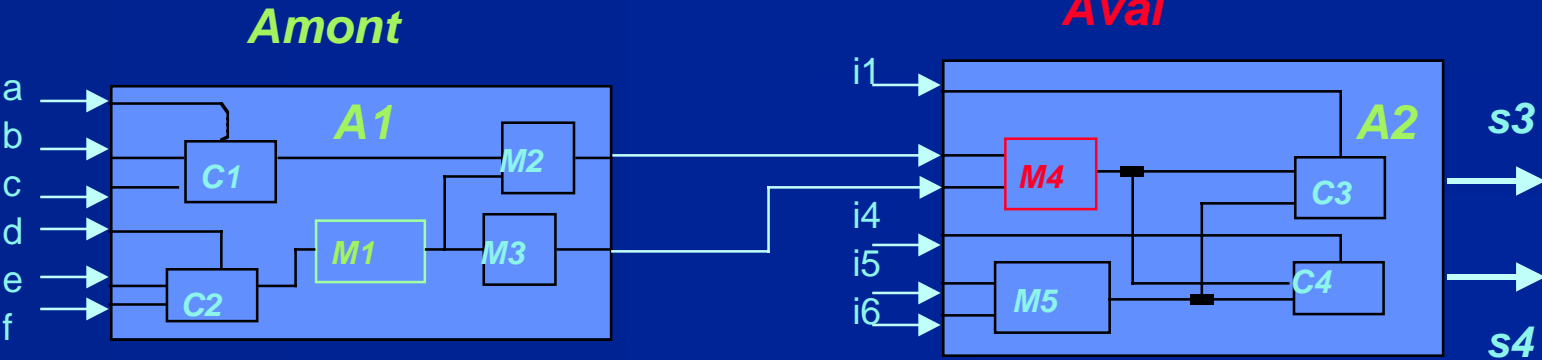
Concaténation d'architectures

A3 ne peut être plus testable que A1 et A2



Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Concaténation d'architectures niveau local



$$OL(A3, M1) \leq OL(A2, M1)$$

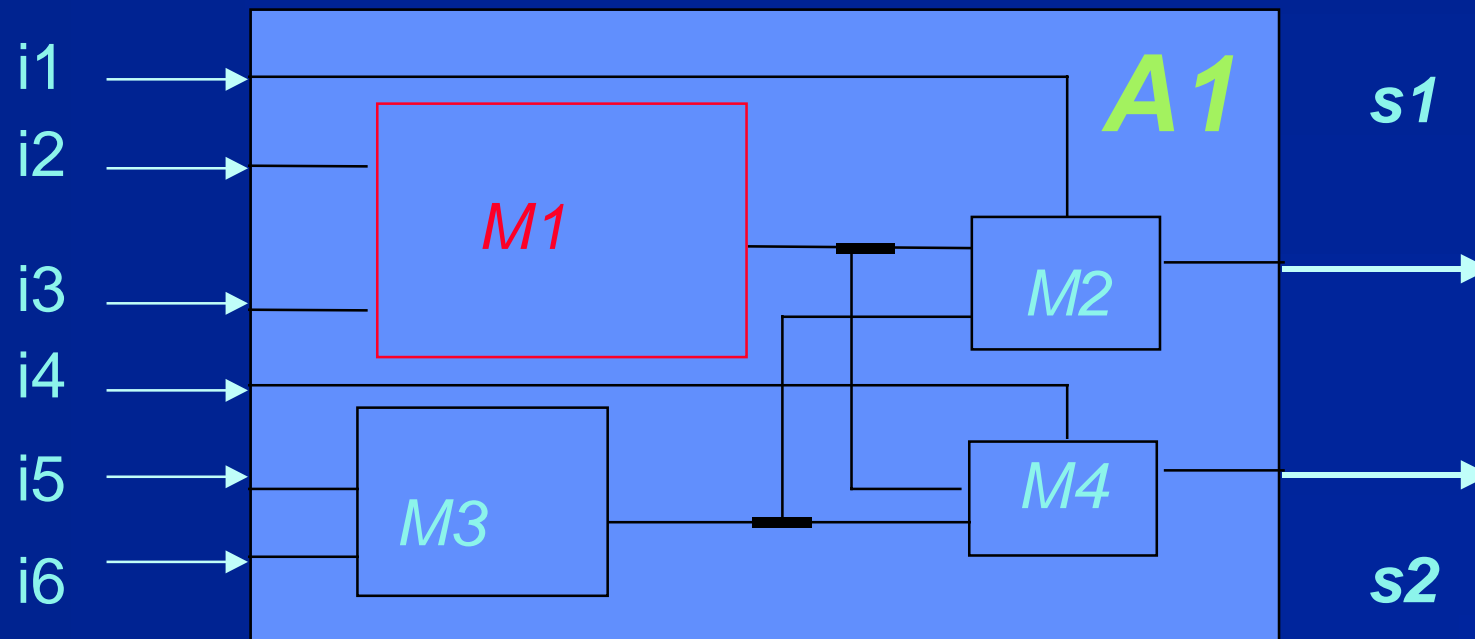
OL = Observabilité locale

$$CL(A3, M4) \leq CL(A2, M4)$$

CL = Contrôlabilité Locale

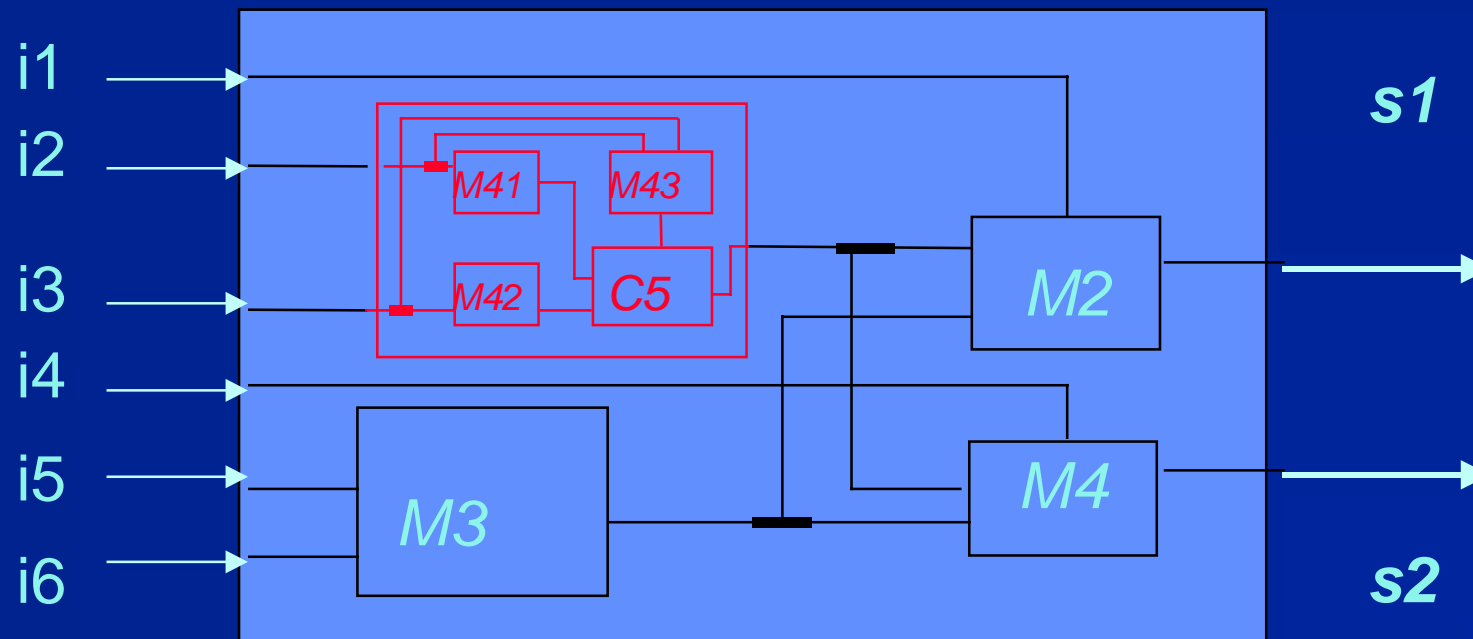
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Instanciation d'un composant d'une architecture



Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Instanciation d'un composant d'une architecture



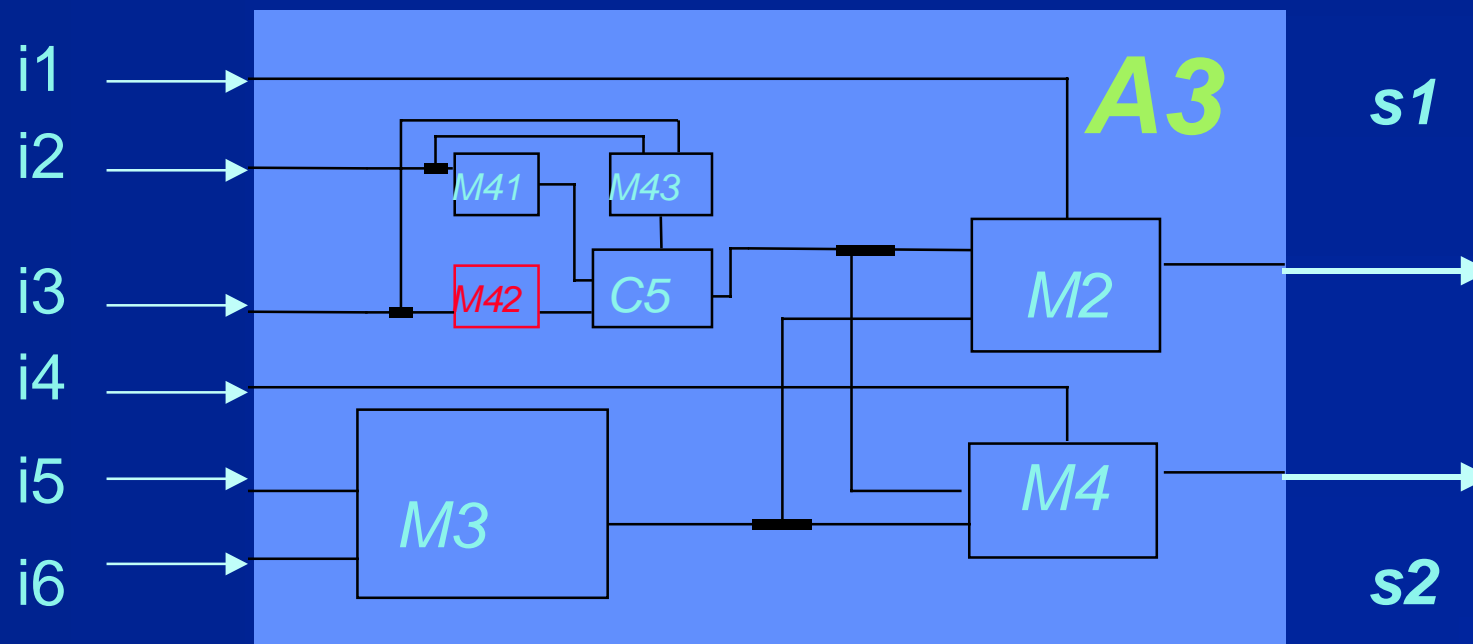
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Instanciation d'un composant d'une architecture



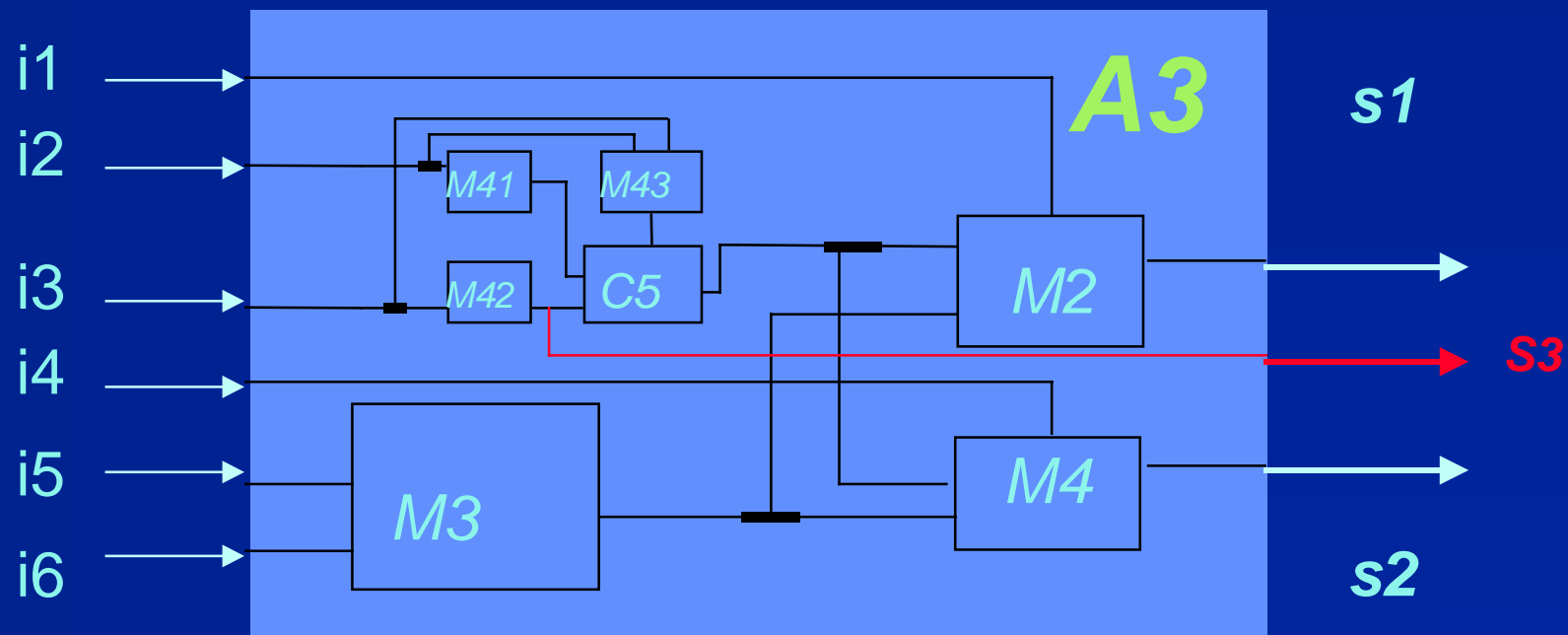
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Ajout d'un point d'observation



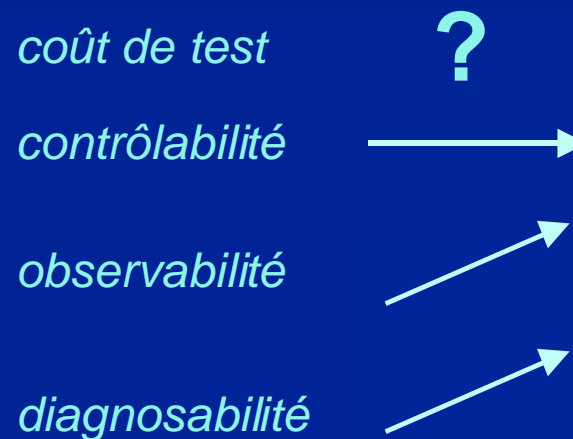
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Ajout d'un point d'observation



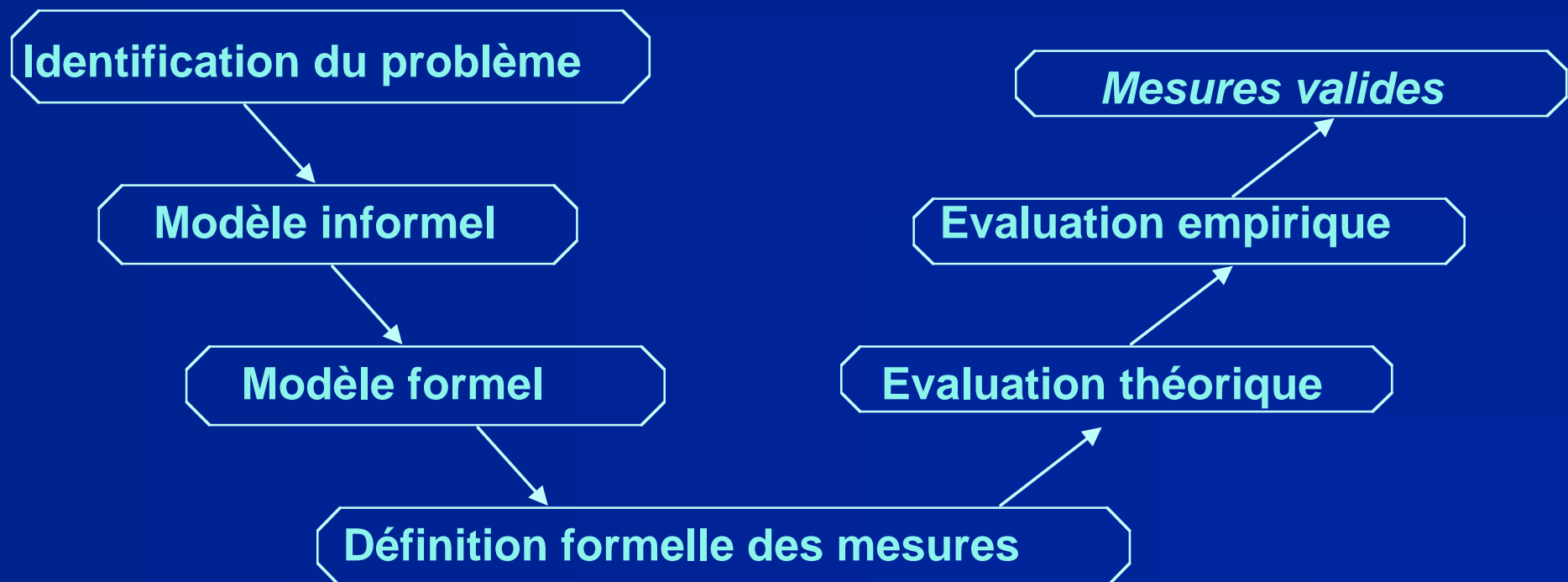
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

Ajout d'un point d'observation

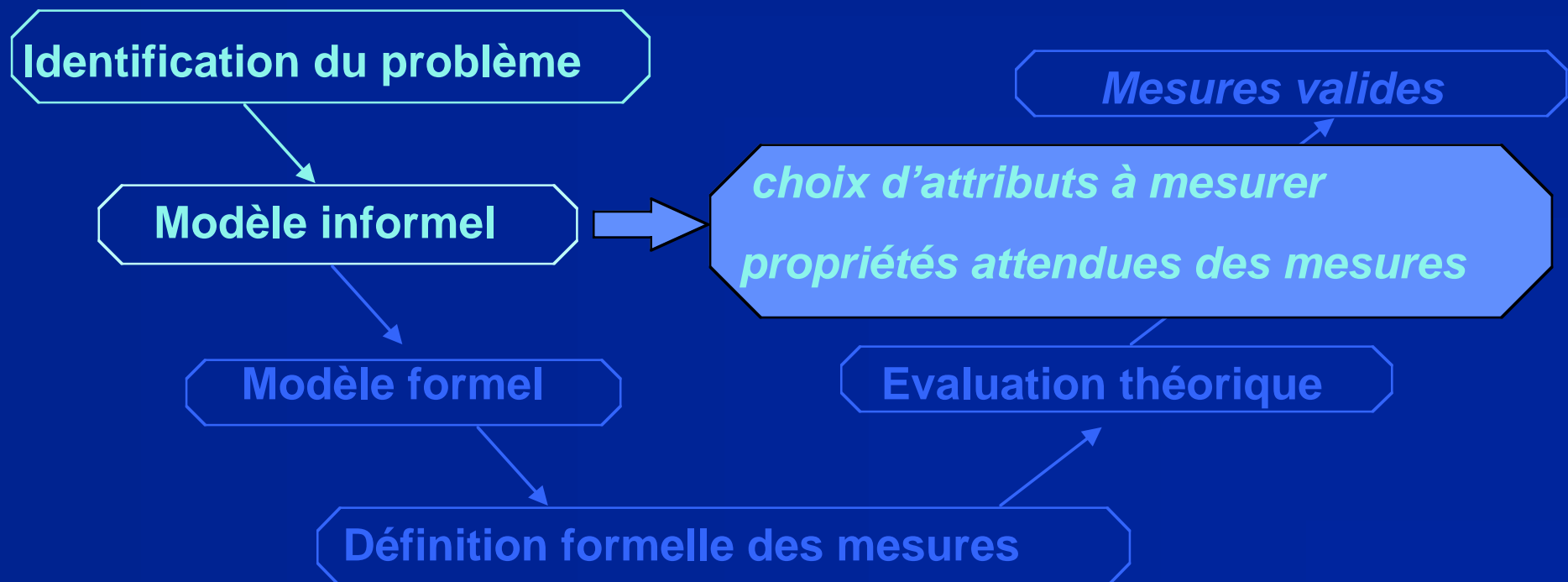


Modèle informel de testabilité et diagnosabilité

DEMARCHE



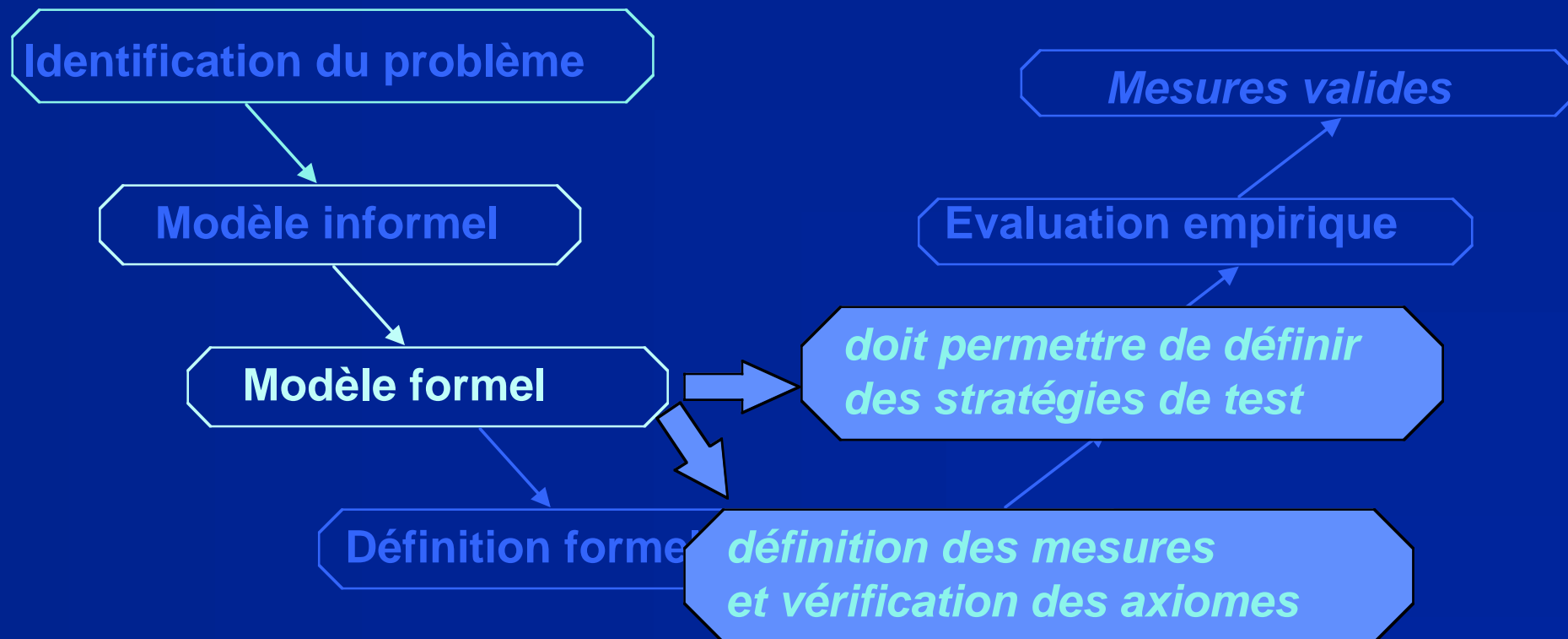
Modèle informel de testabilité et diagnosabilité



Plan de l'exposé

- 1. Etat de l'art
- 2. Modèle informel de testabilité et diagnosabilité
- 3. Le modèle de flot d'information
- 4. Analyse de testabilité et diagnosabilité
- 5. Conclusions et perspectives

Le modèle de flot d'information



Le modèle de flot d'information

Analogie avec le matériel

- ✓ Flots d'information (données + contrôle)
- ✓ Stratégie de test
- ✓ Modéliser les pertes d'information

➡ Graphe de transfert d'information (GTI)

➡ SATAN (System Automatic Testability ANalysis)

Le modèle de flot d'information

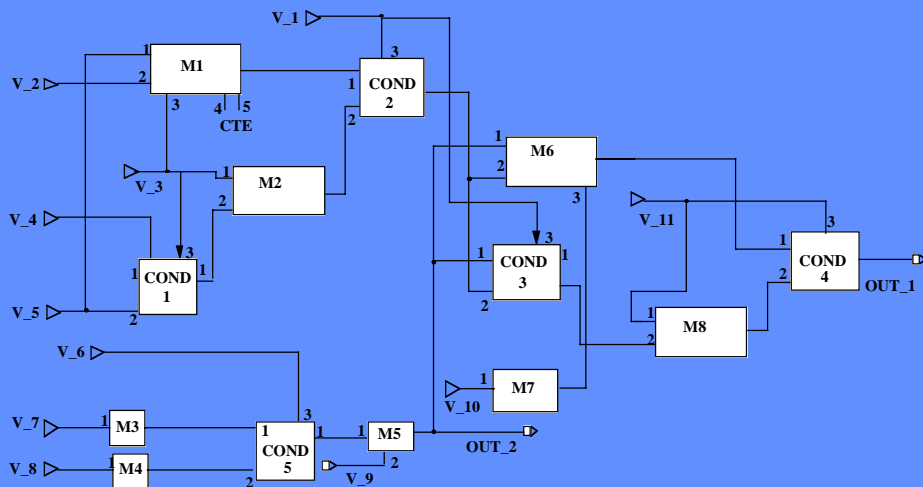
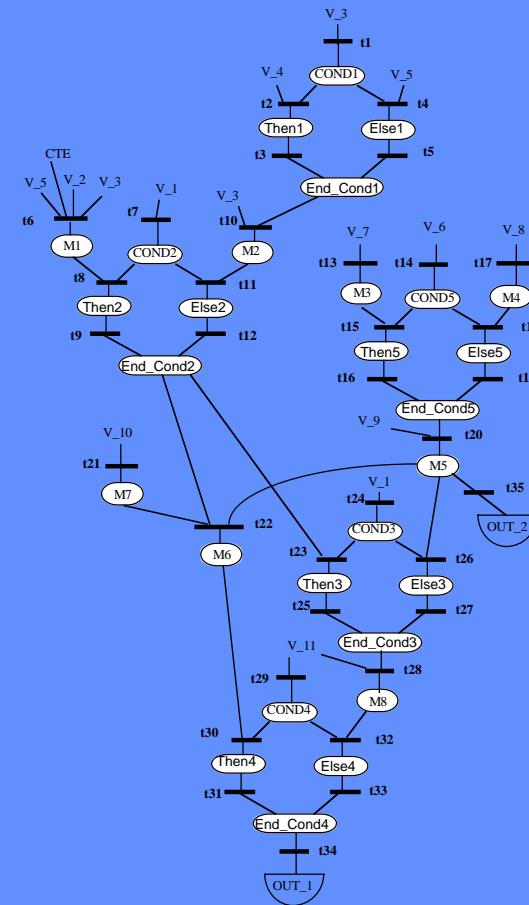
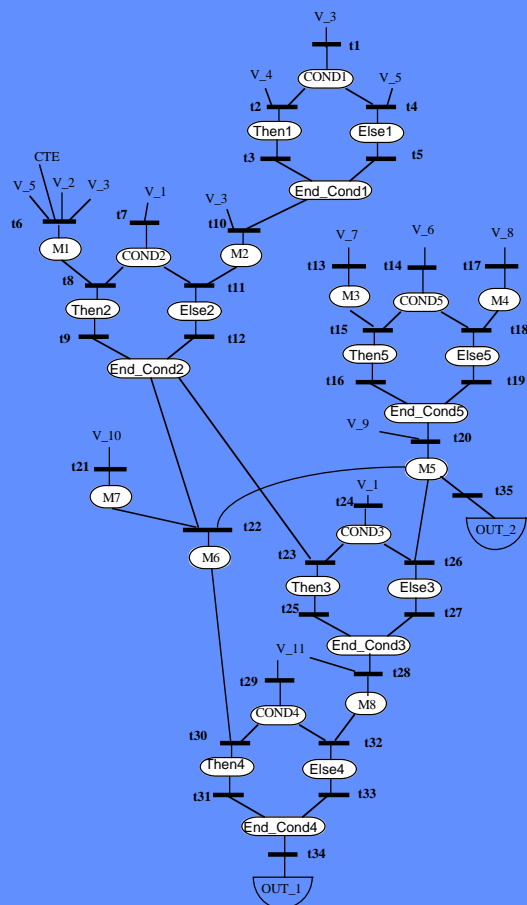


diagramme SAO



Le modèle de flot d'information



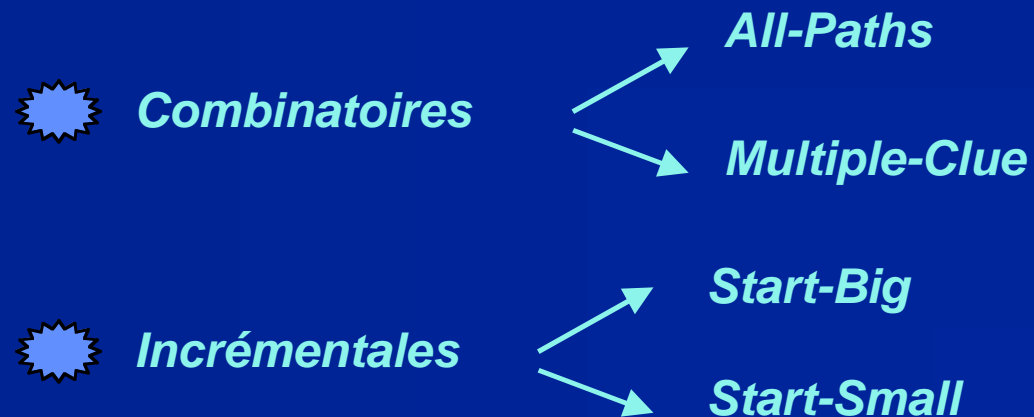
- F1 = {M1, M3, M5, M6, M7 | OUT1}
- F2 = {Then1, M2, M3, M5, M6, M7 | OUT1}
- F3 = {Else1, M2, M3, M5, M6, M7 | OUT1}
- F4 = {M1, M4, M5, M6, M7 | OUT1}
- F5 = {Then1, M2, M4, M5, M6, M7 | OUT1}
- F6 = {Else1, M2, M4, M5, M6, M7 | OUT1}
- F7 = {M1, M8 | OUT1}
- F8 = {Then1, M2, M8 | OUT1}
- F9 = {Else1, M2, M8 | OUT1}
- F10 = {M3, M5, M8 | OUT1}
- F11 = {M4, M5, M8 | OUT1}
- F12 = {M3, M5 | OUT2}
- F13 = {M4, M5 | OUT2}

Écoulements

Le modèle de flot d'information

✓ Stratégie de test

= Spécification du programme de test



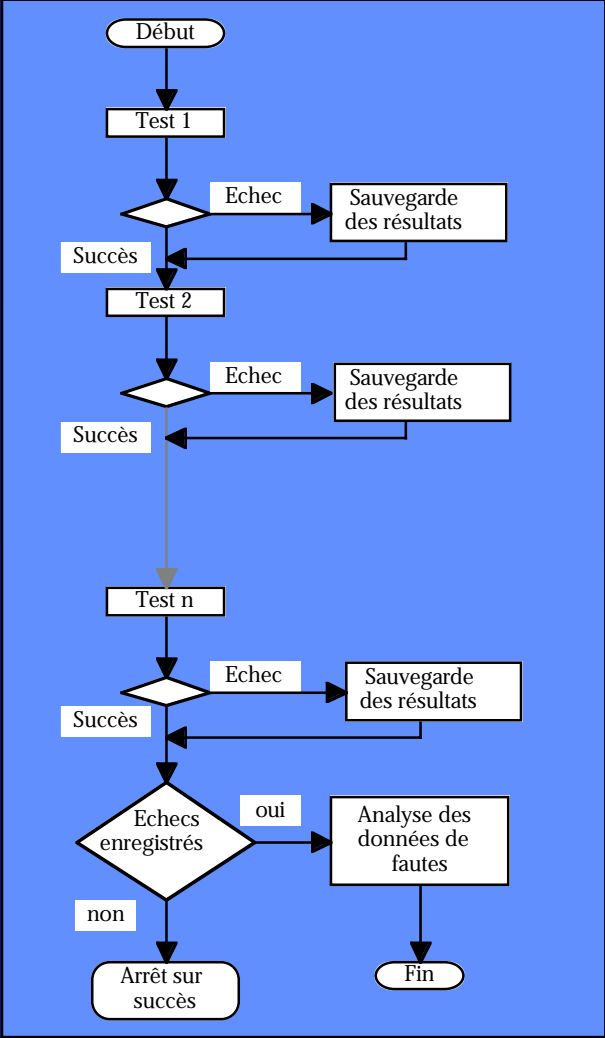
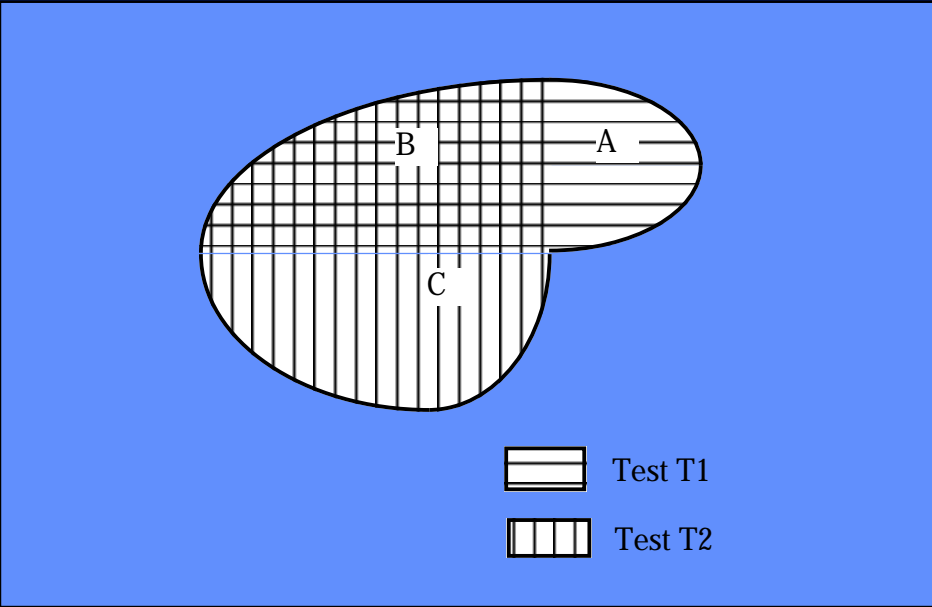
Le modèle de flot d'information



Combinatoires

All-Paths

Multiple-Clue



Le modèle de flot d'information

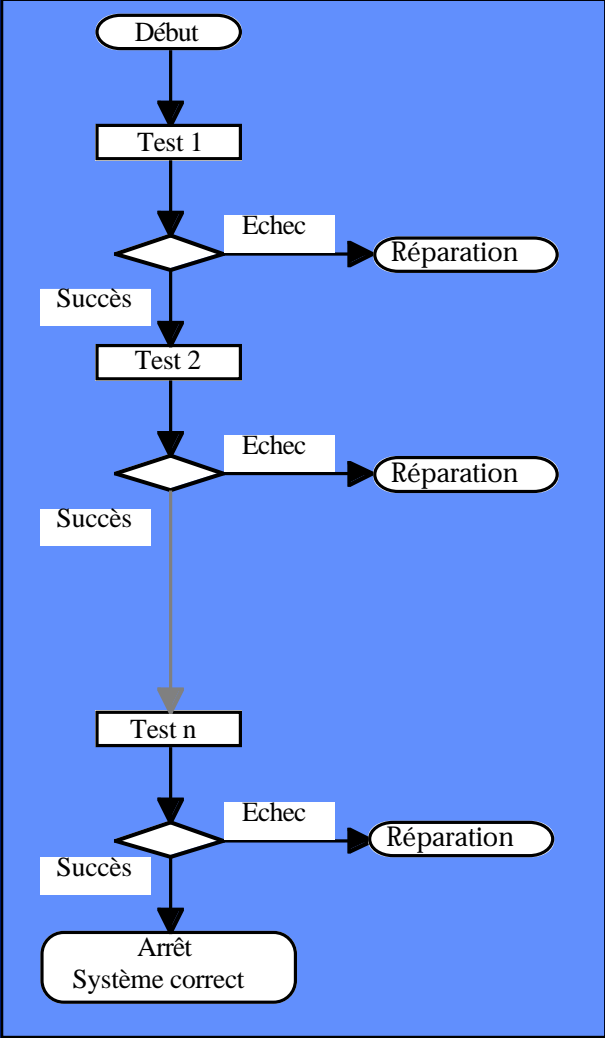
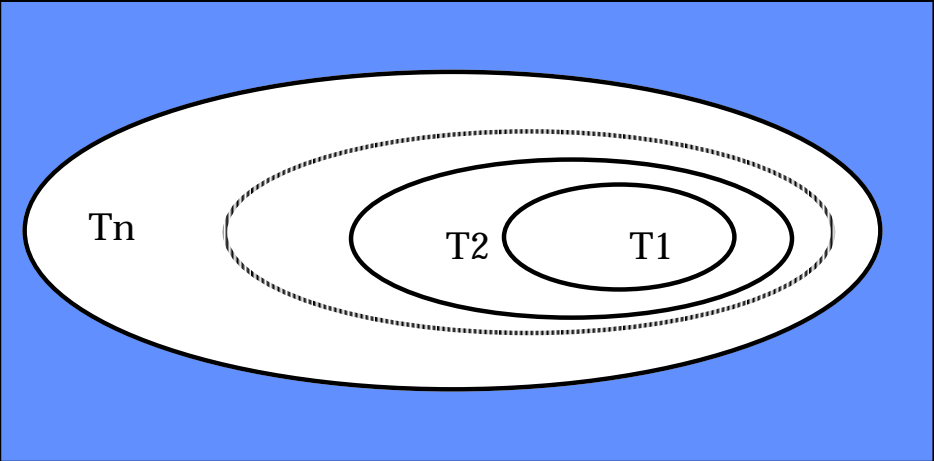


incrémentales



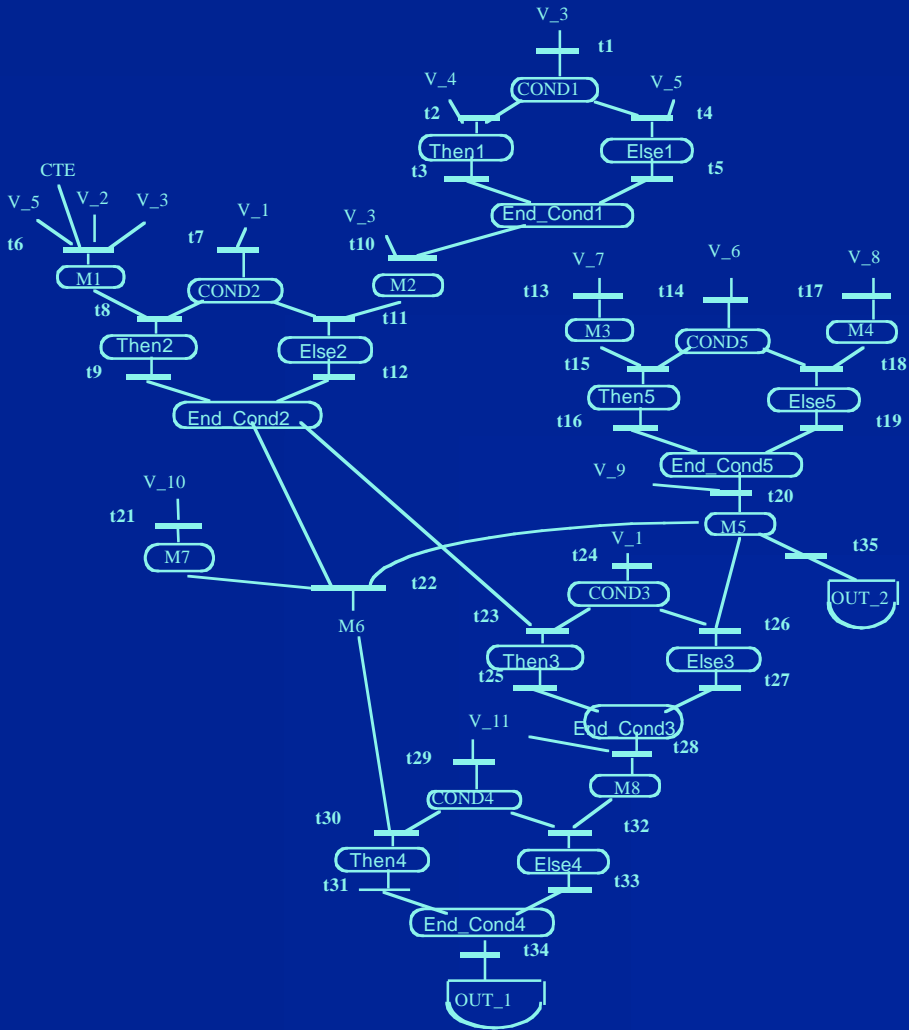
Start-Big

Start-Small



Le modèle de flot d'information

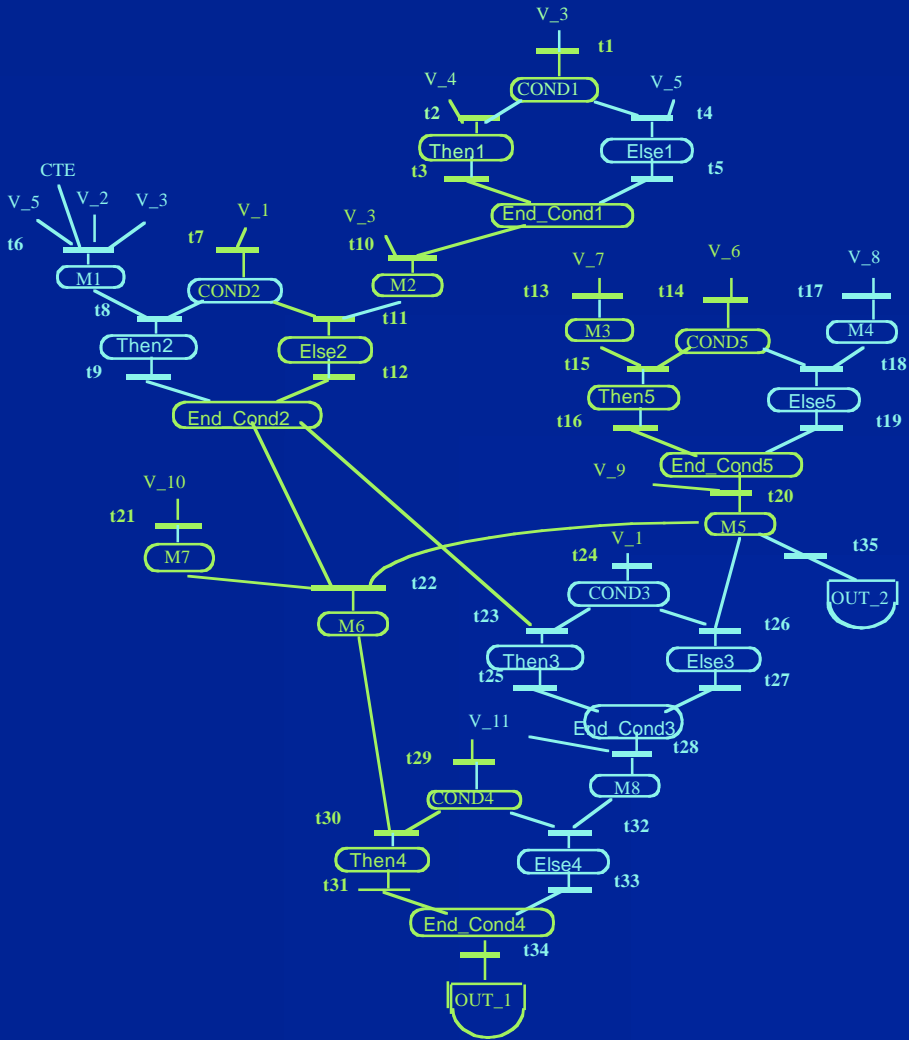
Start-Big



Le modèle de flot d'information

Start-Big

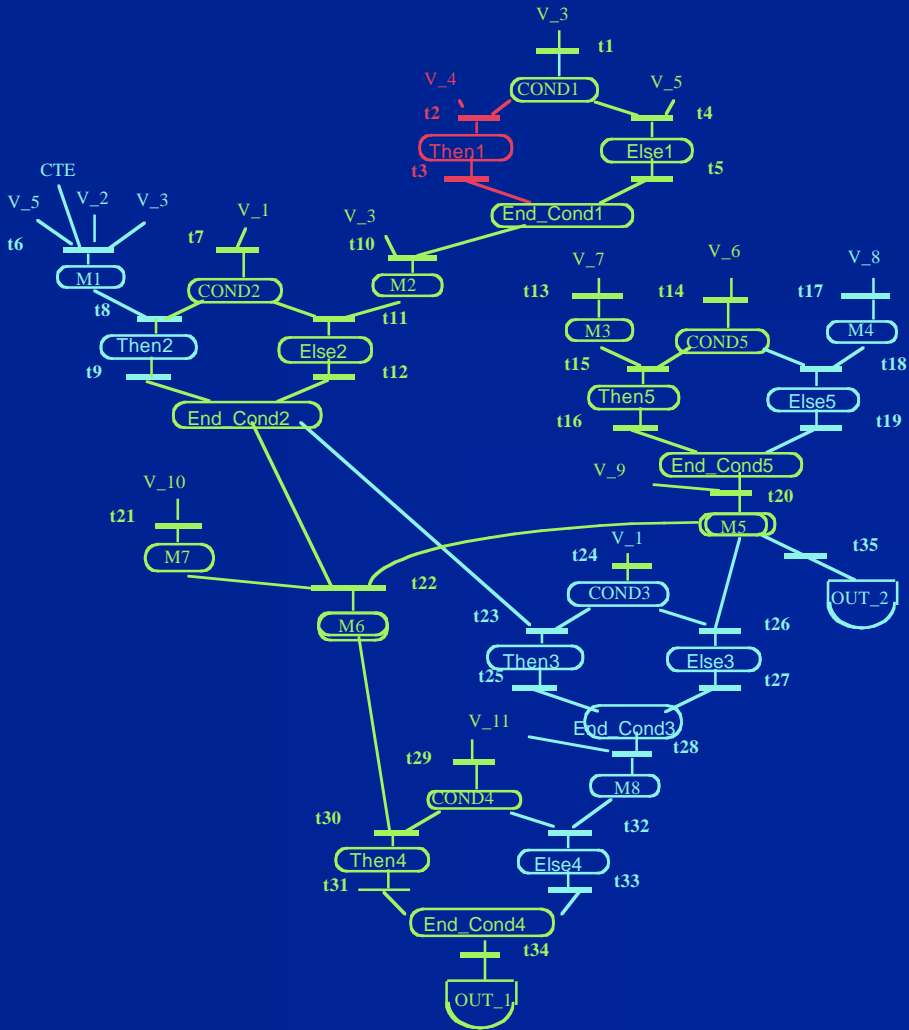
F2



Le modèle de flot d'information

Start-Big

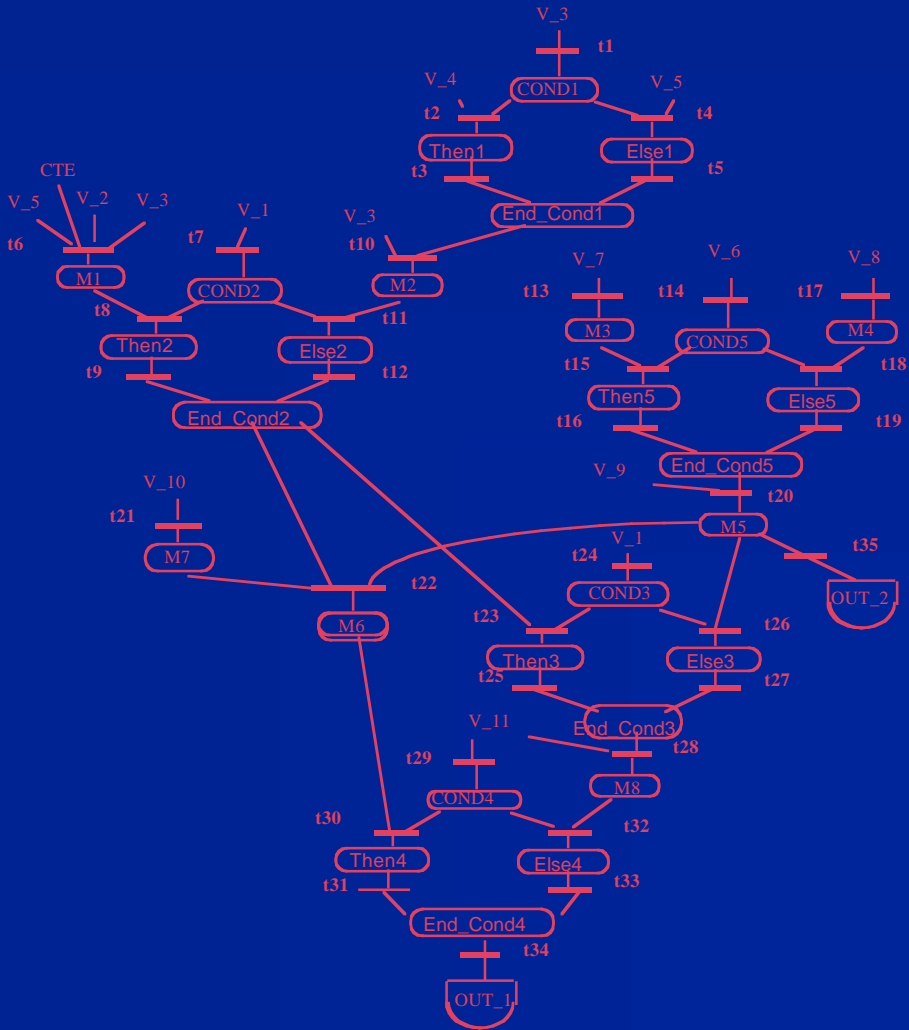
F2, F3



Le modèle de flot d'information

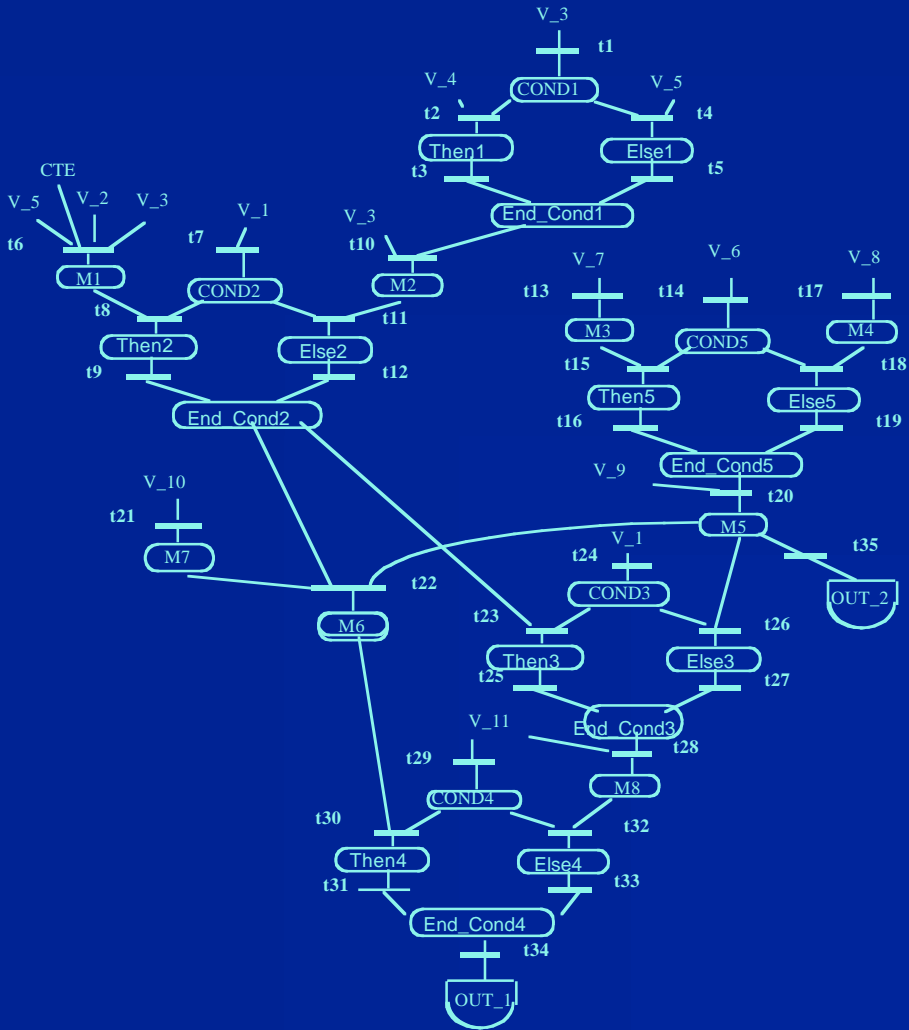
Start-Big

F2, F3, F7, F10, F13



Le modèle de flot d'information

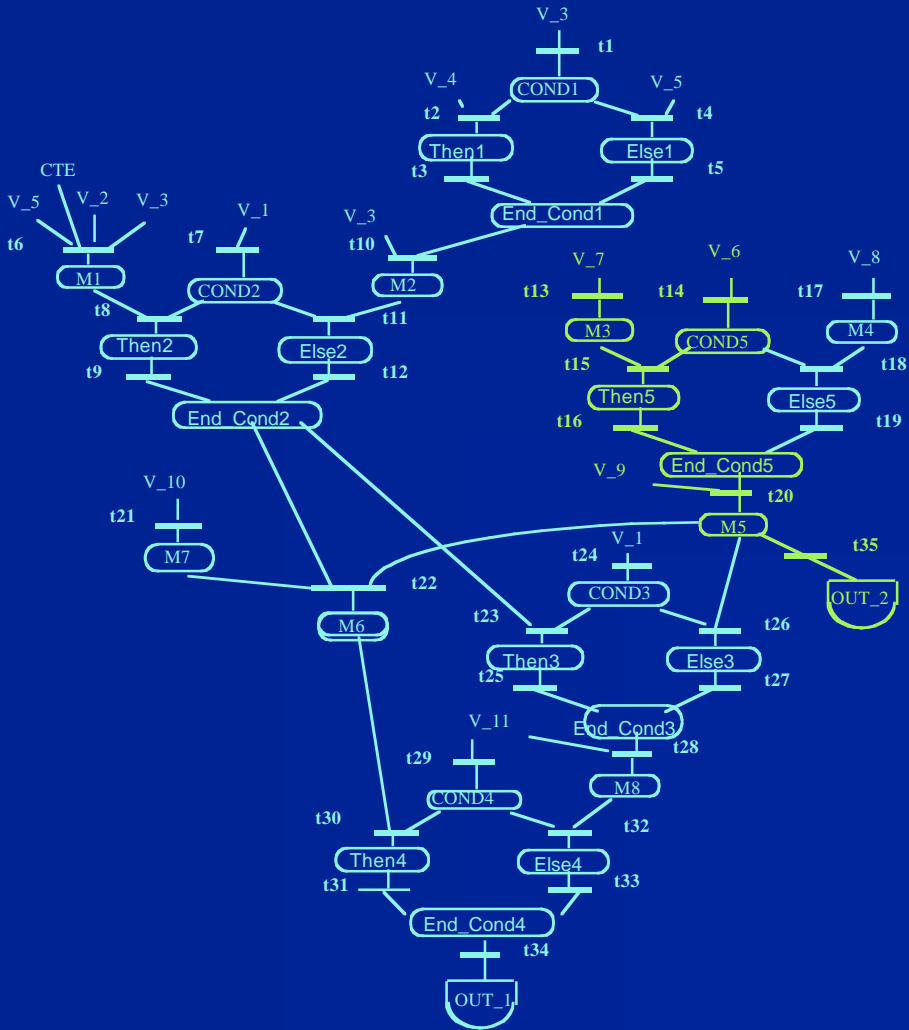
Start-Small



Le modèle de flot d'information

Start-Small

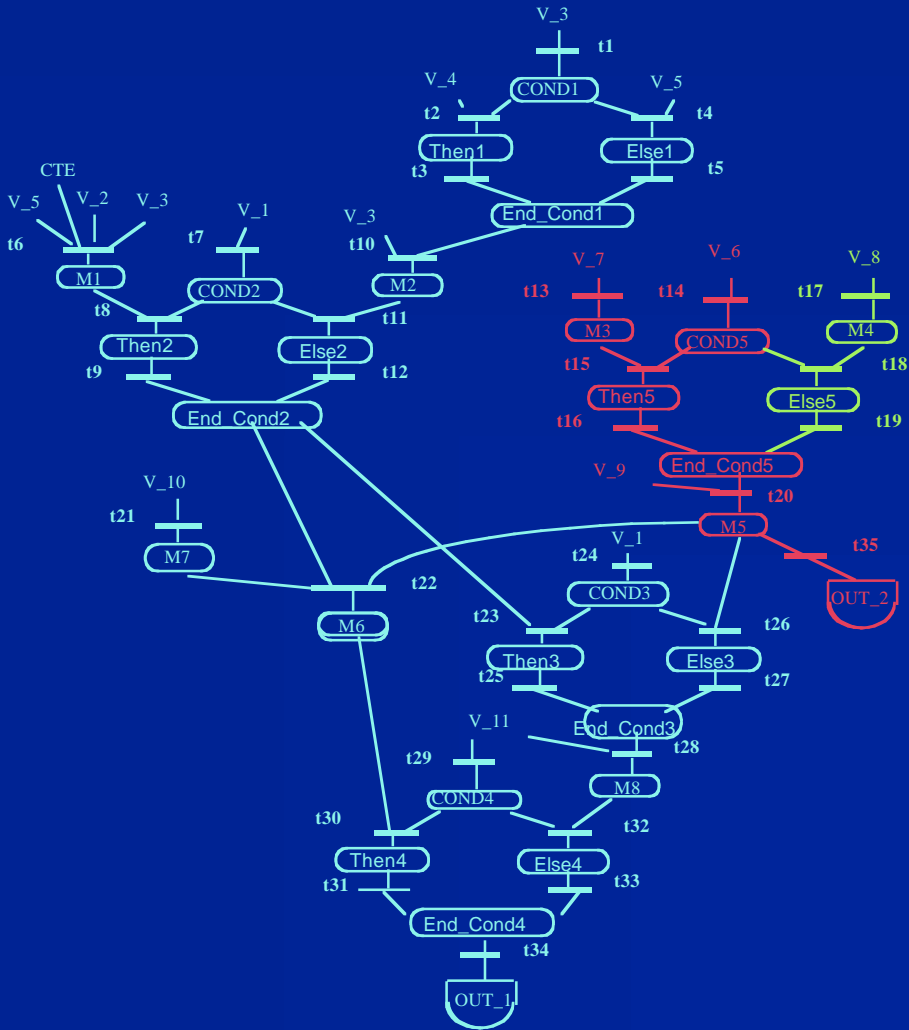
F12



Le modèle de flot d'information

Start-Small

F12, F13



Le modèle de flot d'information

7 écoulements

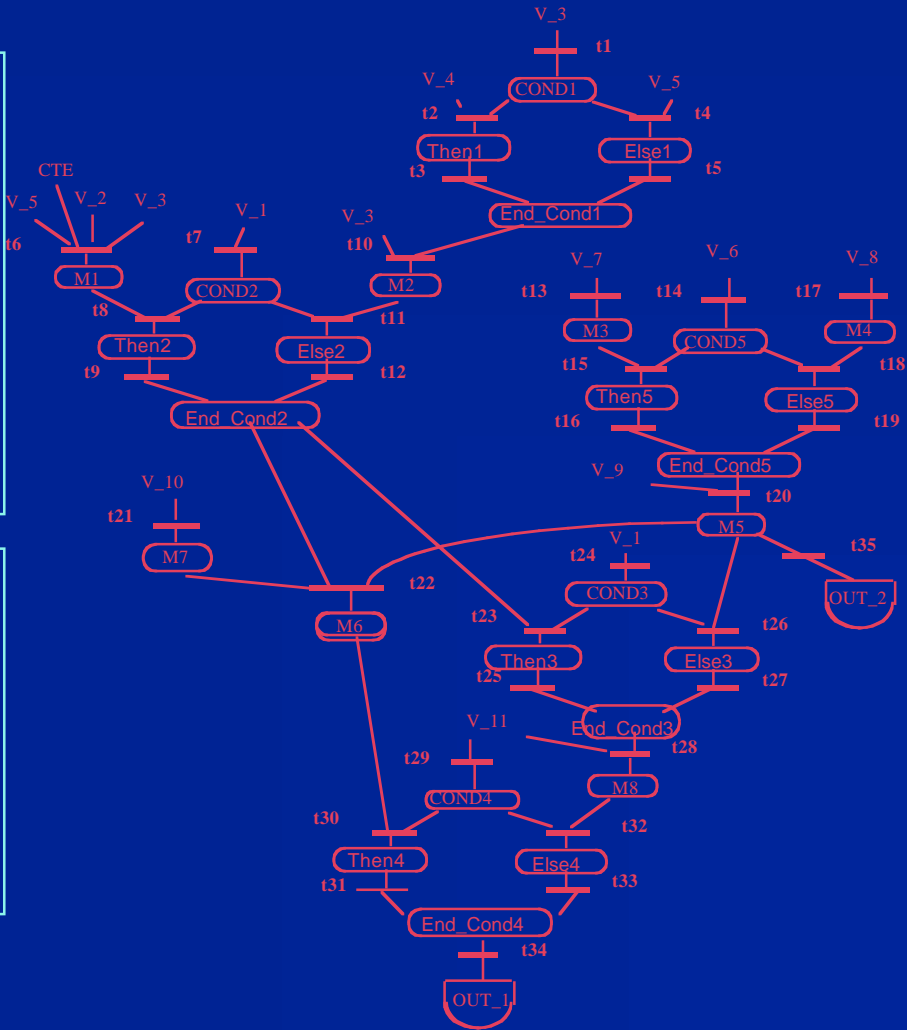
Start-Small

F12, F13, F11, F7, F8, F9, F1

5 écoulements

Start-Big

F2, F3, F7, F10, F13



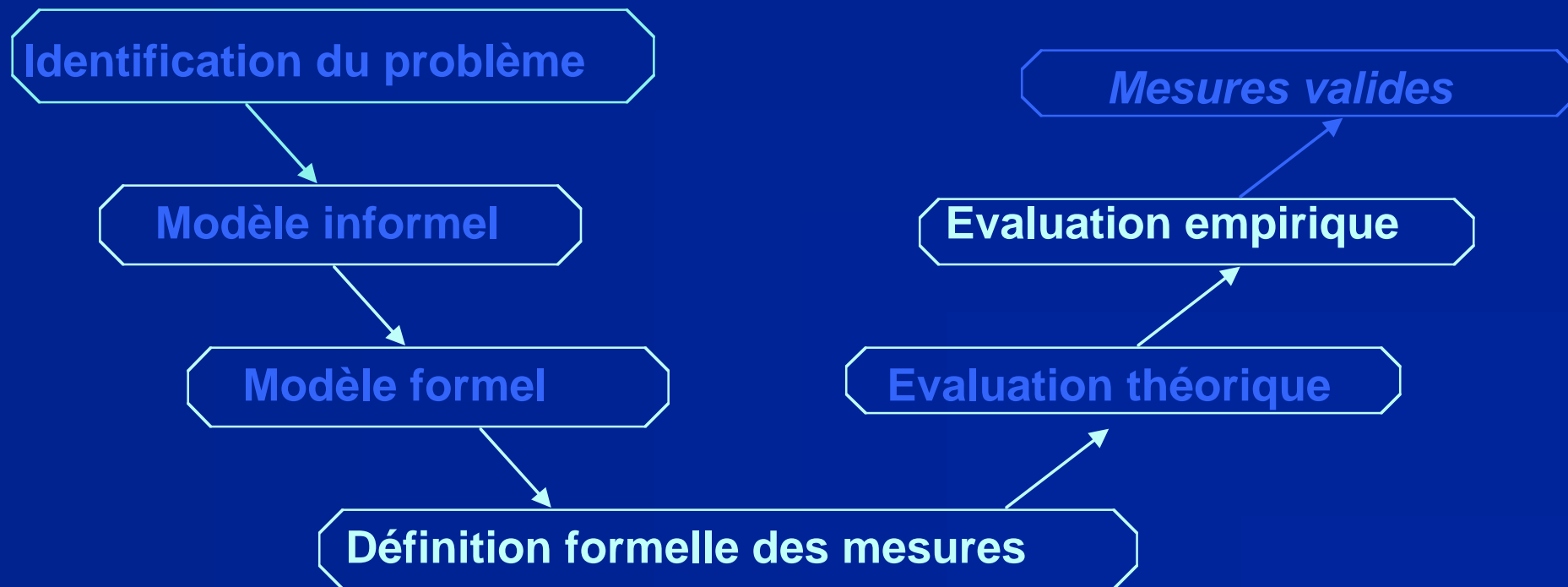
Le modèle de flot d'information

- ✓ **Modèle formalisé**
- ✓ **Stratégies de test définies**
- ✓ **Opérateurs de concaténation, d'instanciation d'ajout d'un point d'observation définis**
- ✓ **Stratégies de test exprimées en fonction de ces opérateurs**

Plan de l'exposé

- 1. Etat de l'art
- 2. Modèle informel de testabilité et diagnosabilité
- 3. Le modèle de flots d'information
- 4. Analyse de testabilité et diagnosabilité
- 5. Conclusions et perspectives

Analyse de testabilité et diagnosabilité



Analyse de testabilité et diagnosabilité

Coût de test (S) = Somme des coût de test associés à chaque écoulement de S

$$CT(S) = \sum_{j=1}^p CTE(E_j)$$

$$CTE(E) = \varphi(m_1, \dots, m_n) = \sum_{i=1}^n m_i$$

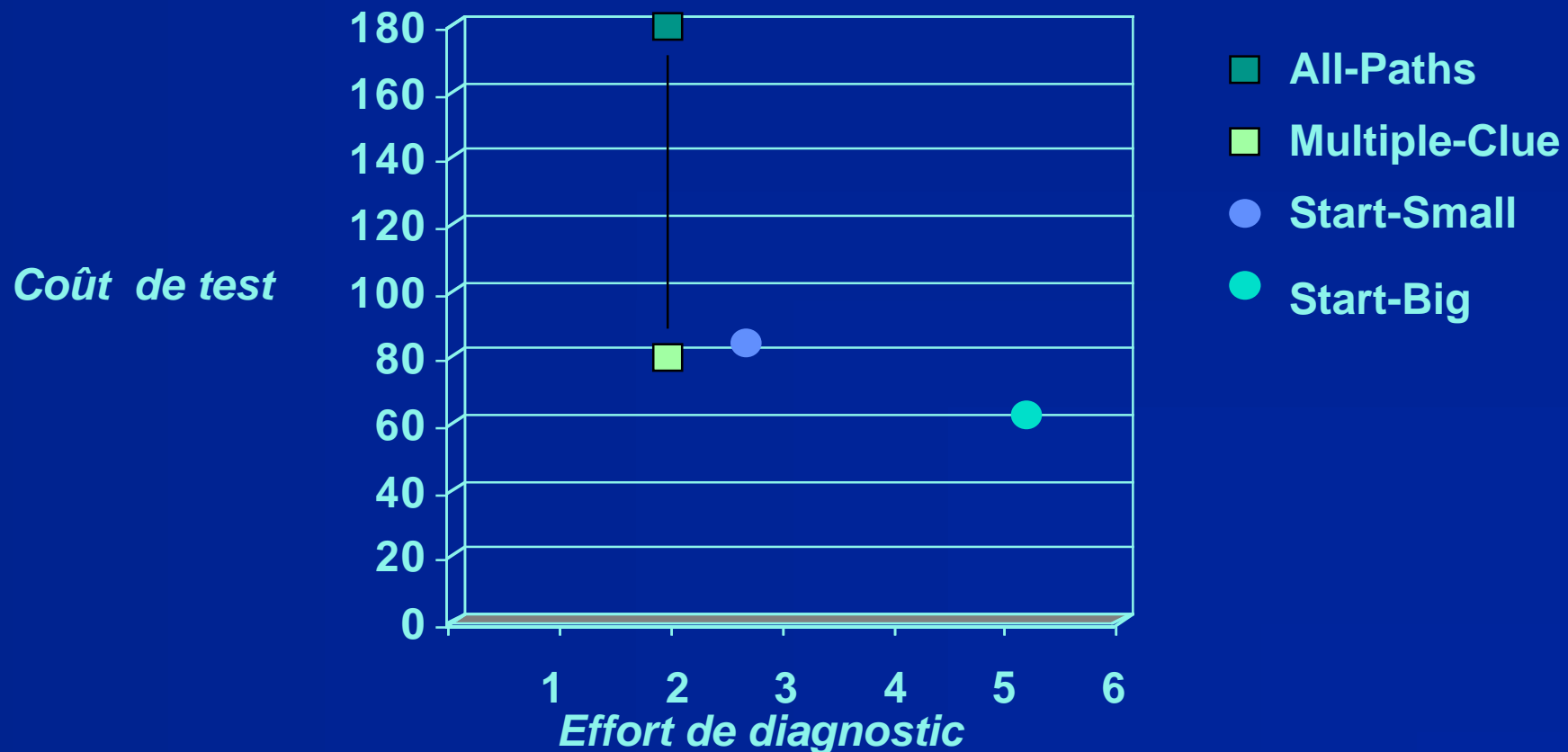
Diagnosabilité(S) = Nombre probable de modules indiscernables

pour S sachant qu'une faute est détectée par S

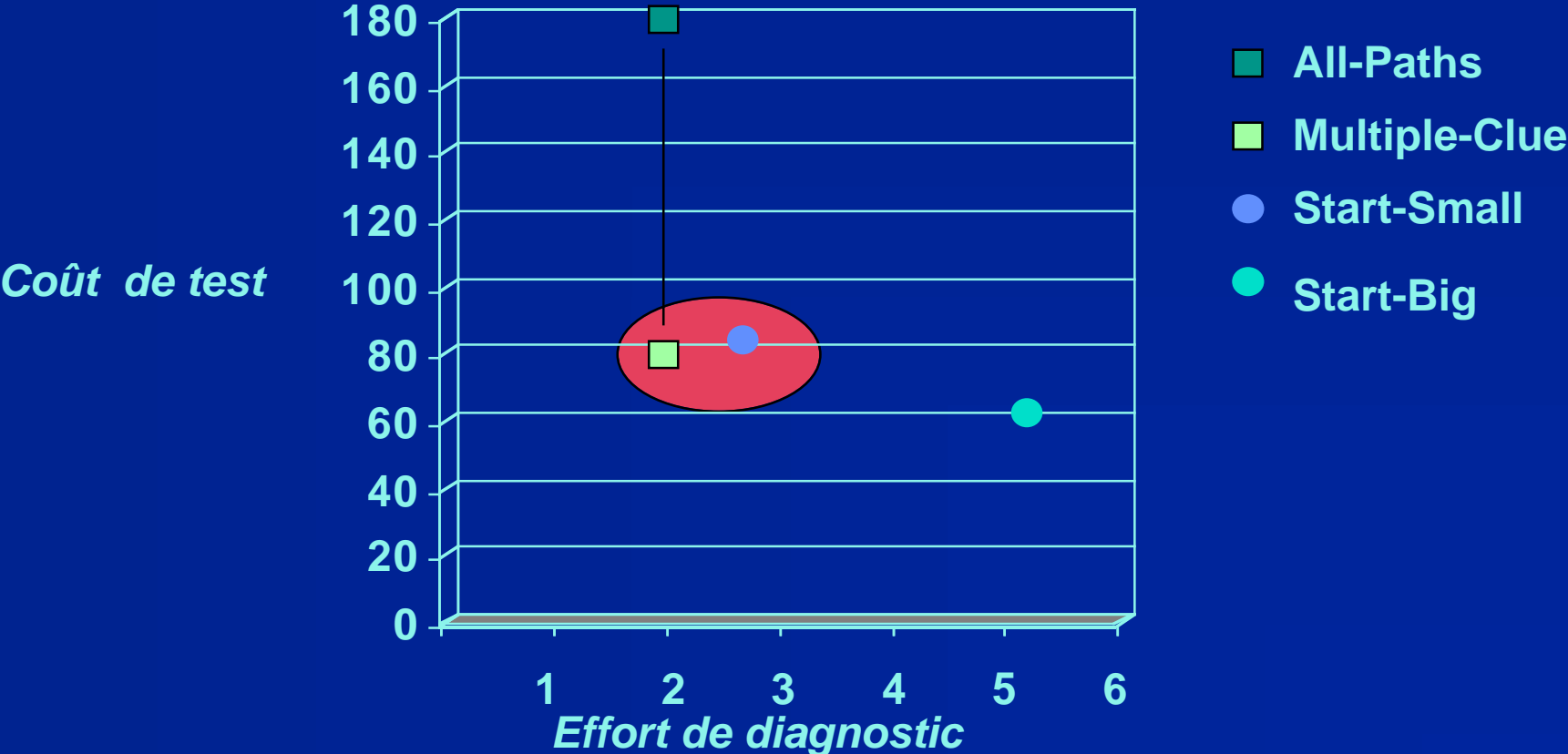
$$\Delta(G, S) = \sum_{q=1}^{nblocs} |BI_q| \cdot P_{BI_q}$$

BI = groupe de module indiscernables
= Bloc d'Indiscernabilité

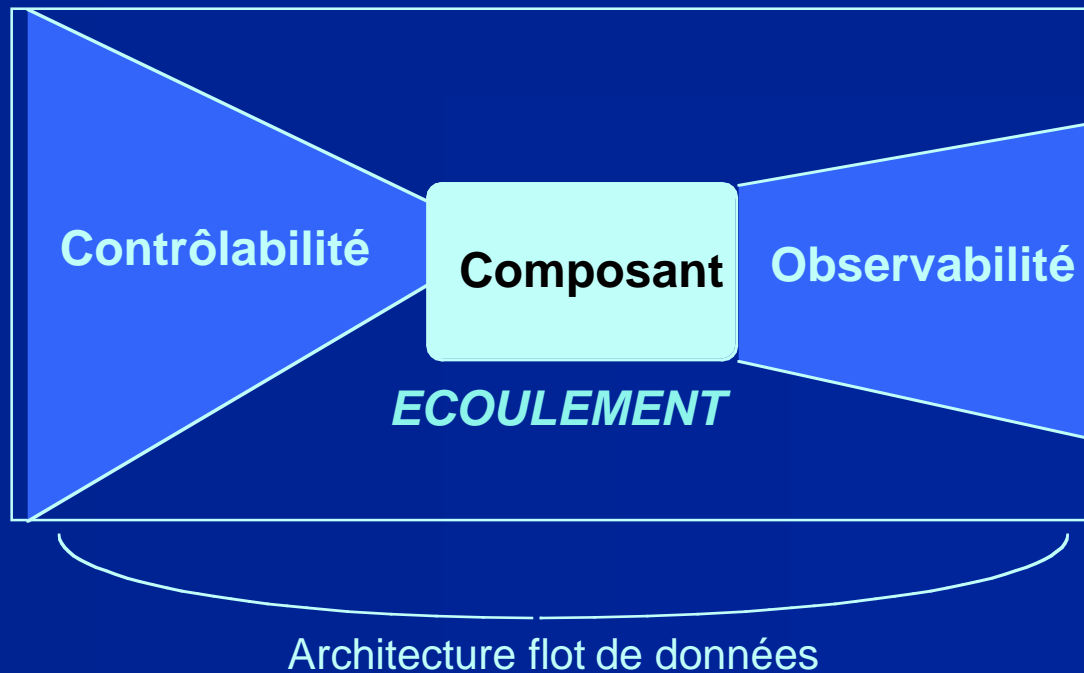
Analyse de testabilité et diagnosabilité globale



Analyse de testabilité et diagnosabilité globale



Analyse de testabilité et diagnosabilité locale



Analyse de testabilité et diagnosabilité locale

Contrôlabilité

$$\text{Cont}_F(M) = \frac{T(I_F; I_M)}{C(I_M)}$$

Transinformation

Quantité d'information

disponible aux entrées du composant depuis les entrées de l'écoulement

capacité d'entrée

Observabilité

$$\text{Obs}_F(M) = \frac{T(O_M; O_F)}{C(O_M)}$$

Transinformation

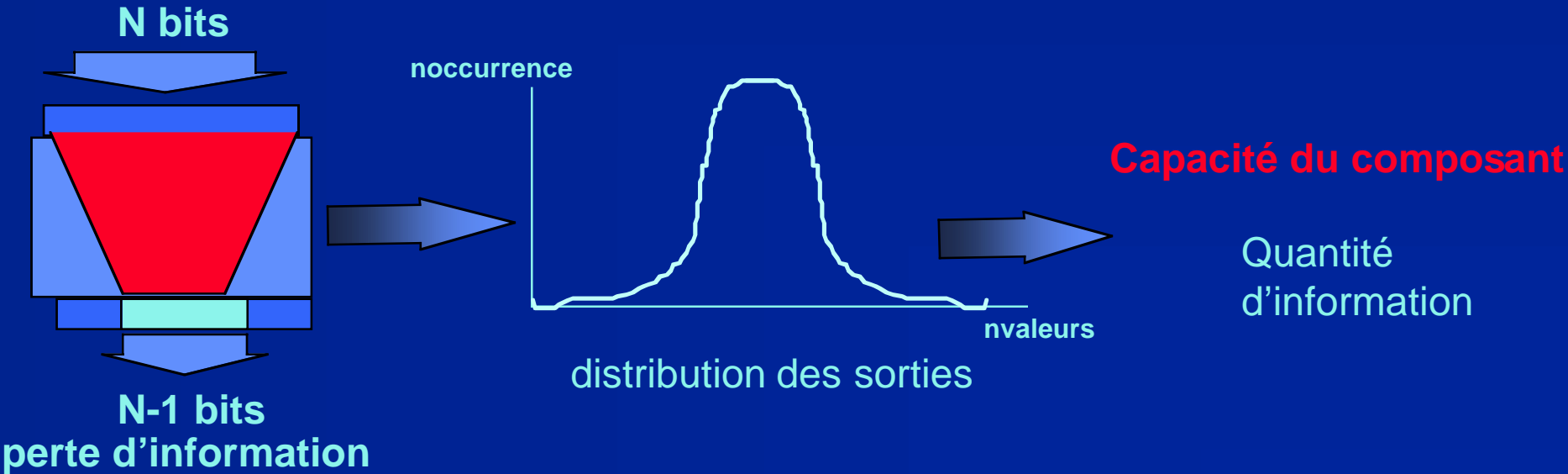
Quantité d'information

disponible aux sorties de l'écoulement

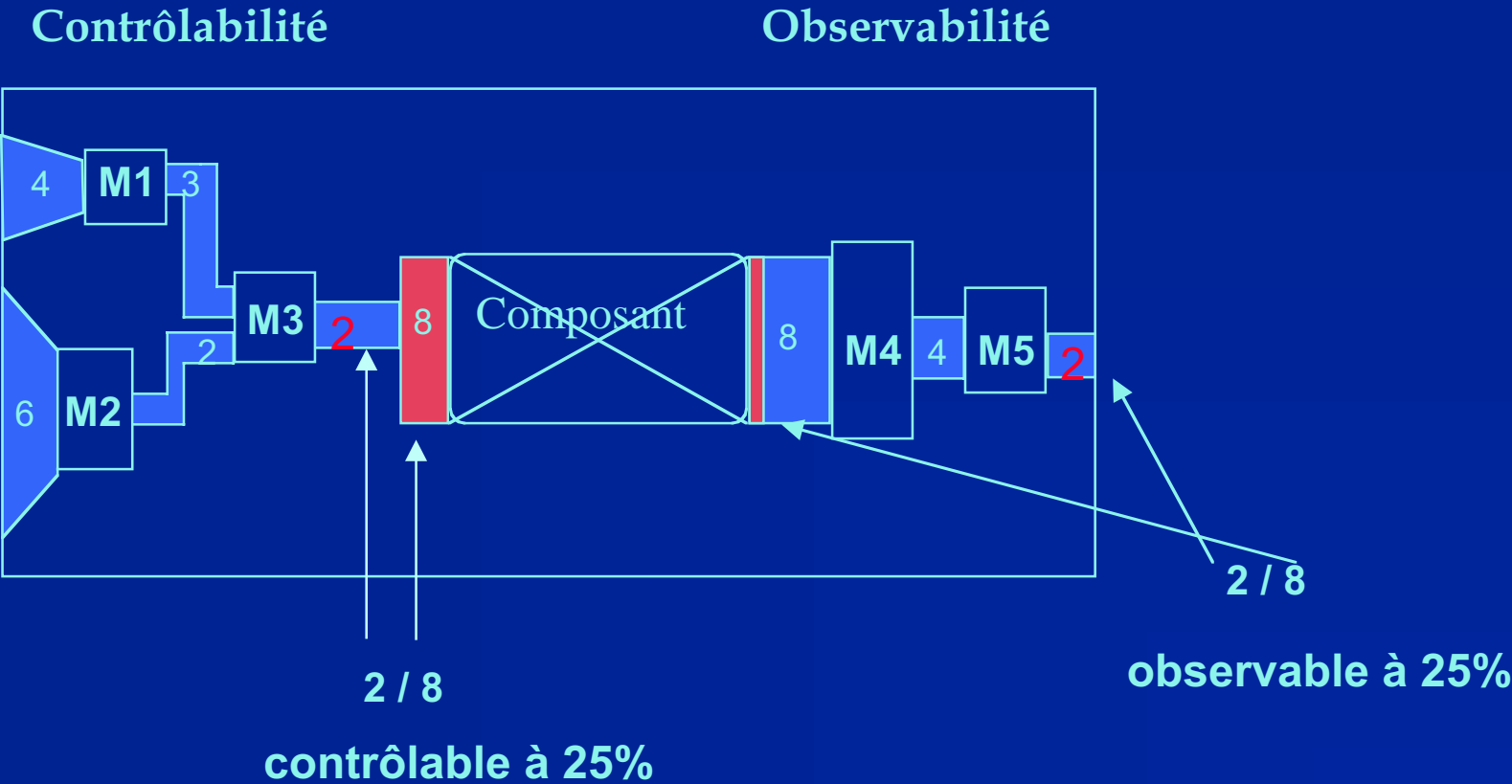
capacité de sortie

Analyse de testabilité et diagnosabilité locale

Perte d'information



Analyse de testabilité et diagnosabilité locale



Analyse de testabilité et diagnosabilité locale

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
F1	1	X	1	X	0.58	0.55	1	X
F2 F3	X	1	1	X	0.58	0.54	1	X
F4	1	X	X	1	0.37	0.47	1	X
F5 F6	X	1	X	1	0.37	0.47	1	X
F7	1	X	X	X	X	X	X	0.65
F8 F9	X	1	X	X	X	X	X	0.61
F10	X	X	1	X	0.58	X	X	0.67
F11	X	X	X	1	0.37	X	X	0.47
F12	X	X	1	X	0.58	X	X	X
F13	X	X	X	1	0.37	X	X	X
Max	1	1	1	1	0.58	0.55	1	0.67

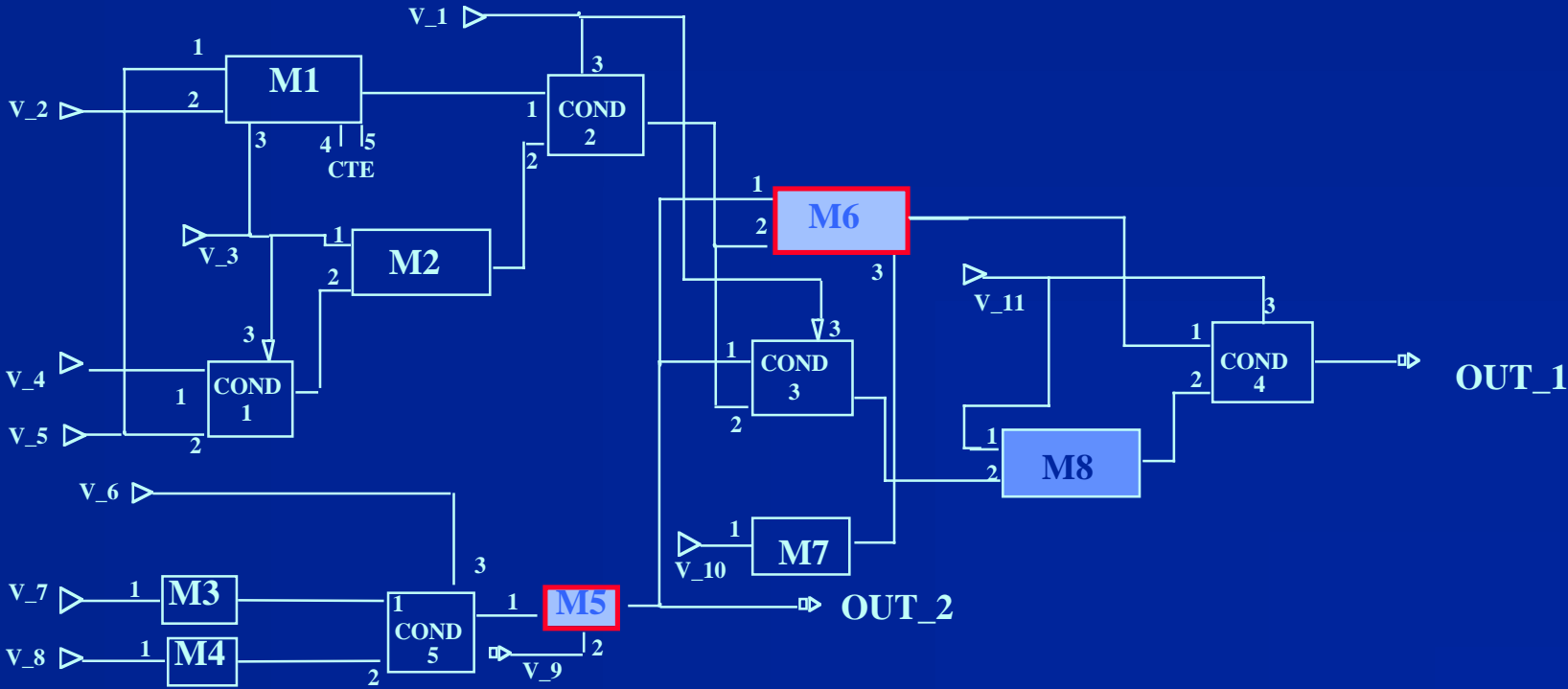
Contrôlabilité

F10
pour
contrôler
M8

M5 et M6
difficiles à contrôler

Analyse de testabilité et diagnosabilité locale

problèmes de contrôlabilité



Analyse de testabilité et diagnosabilité locale

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
F1	0.44	X	0.44	X	0.59	1	0.86	X
F2 F3	X	0.44	0.44	X	0.59	1	0.86	X
F4	0.44	X	X	0.44	0.59	1	0.86	X
F5 F6	X	0.44	X	0.44	0.59	1	0.86	X
F7	0.37	X	X	X	X	X	X	1
F8 F9	X	0.37	X	X	X	X	X	1
F10	X	X	0.37	X	0.5	X	X	1
F11	X	X	X	0.37	0.5	X	X	1
F12	X	X	0.75	X	1	X	X	X
F13	X	X	X	0.75	1	X	X	X
Max	0.44	0.44	0.75	0.75	1	1	0.86	1

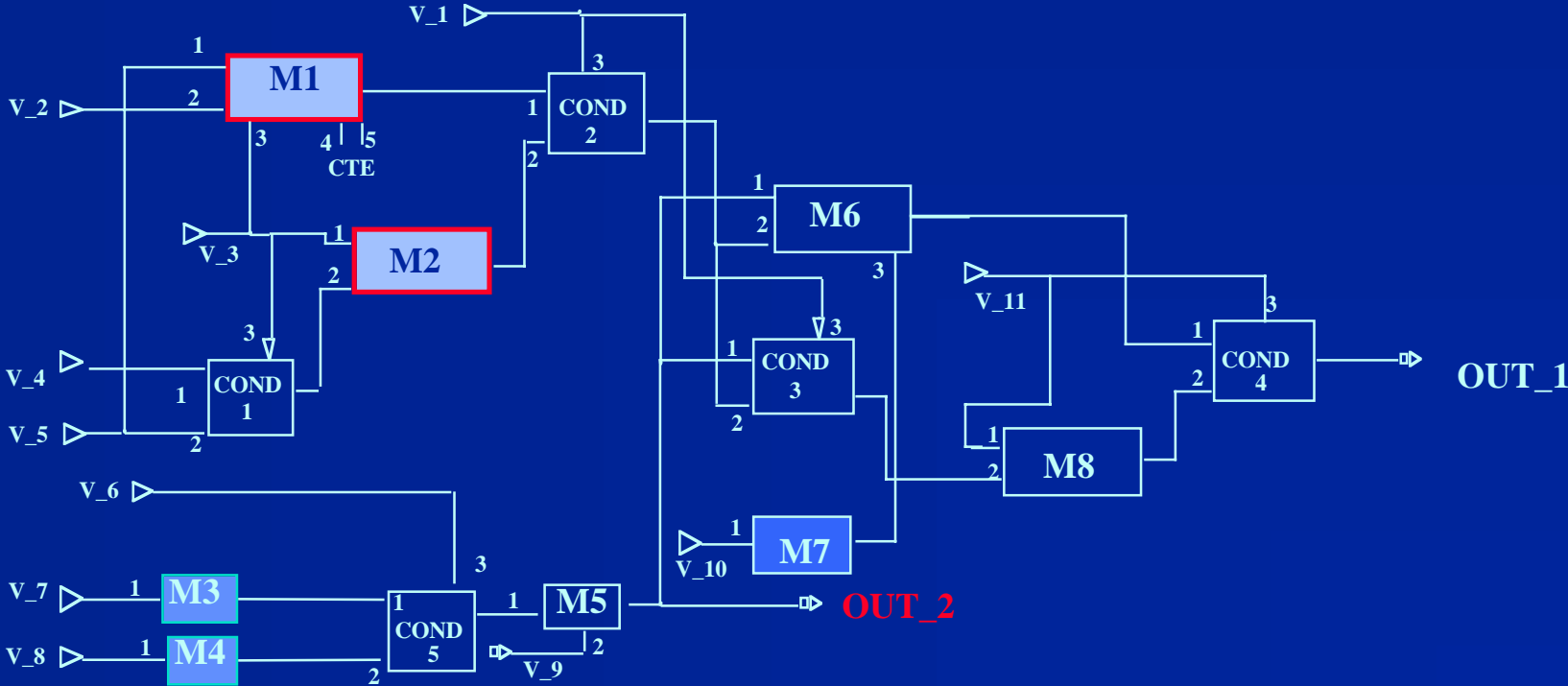
Observabilité

Choisir F13 pour observer M4

M1 and M2 difficiles à observer

Analyse de testabilité et diagnosabilité locale

problèmes d'observabilité



Analyse de testabilité et diagnosabilité

Approche orientée-testabilité

“Plus tôt les problèmes sont pris en compte, plus efficaces sont les solutions”

global

- *Comparaison d'architectures
(choix de la meilleure solution)*
- *Allocation des ressources de test*
- *Détection des faiblesses de l'architecture*

local

- *Localisation des “points durs”*

 *nécessitant un plus gros effort de test*

 *amélioration de l'architecture*




Plan de l'exposé

- 1. Etat de l'art
- 2. Modèle informel de testabilité et diagnosabilité
- 3. Le modèle de flots d'information
- 4. Analyse de testabilité
- 5. Conclusions et perspectives

Conclusions

Avantages de l'approche

METHODE

- Approche descendante  *dès la spécification de l'architecture logicielle*
 *mesures d'autant plus précises que l'architecture est détaillée*
 *un problème détecté à un moment de la conception ne peut que se préciser en détaillant*
- Approche conjointe logiciel/matériel
- Prise en compte de l'aspect diagnostic dès la spécification


Conclusions

Avantages de l'approche

UTILISATION

- Permet la détection et la localisation des faiblesses de la spécification
- Aide à l'allocation des ressources de test
- Aide à l'amélioration de l'architecture
- Aide à la spécification du plan de test (stratégie de test)
- Études de cas industrielles : Aérospatiale, Sextant

Perspectives

- Validation expérimentale plus large
- Développer les stratégies de diagnostic pour le logiciel
- Appliquer à des méthodes de spécification de plus haut niveau
- Prendre en compte des “événements redoutés” (sûreté de fonctionnement)  Plan de test