

Implémentation d'une méthode de diagnostic :

Application à un benchmark (véhicule autonome)

Zineb SIMEU-ABAZI

Laboratoire G-SCOP

Université Joseph Fourier

Laboratoire G-SCOP
46, av Félix Viallet
38031 Grenoble Cedex
www.g-scop.inpg.fr

1. Le Benchmark - Pourquoi?

*Benchmark initié par le groupe « diagnostic » de diag21 animé par:
A. Toguyeni (LAGIS), M. Burlisson (NEXTER)*



- **Côté Académique** : identifier les données de départ dont dispose les industriels pour concevoir et élaborer des méthodes de diagnostic adéquats.
- **Côté industriels** : comprendre les domaines d'applications et les limites des méthodes de diagnostic proposées par les académiques.

Motivations

&

Objectifs

- Faciliter les **échanges** entre industriels et académiques
- Avoir un **terrain d'application** commun
- **Valider** les méthodes.
- **Homogénéiser** des démarches de construction des AMDEC
- **Implémenter** différentes méthodes de diagnostic et comparer leurs **performances**.
- Prise en compte de la propagation des défaillances : **AMDEC Dynamique**

1. Le Benchmark

- Présentation de « ROBUCAR »
- Analyse des modes de défaillance
- Principe de détection et de localisation
- Implémentation de la méthode sur MATLAB

2. Démarche générale

- Les automates temporisés
- Principe de la modélisation
- Principe de la détection et localisation

3. Conclusion



1. Le Benchmark - Lequel?

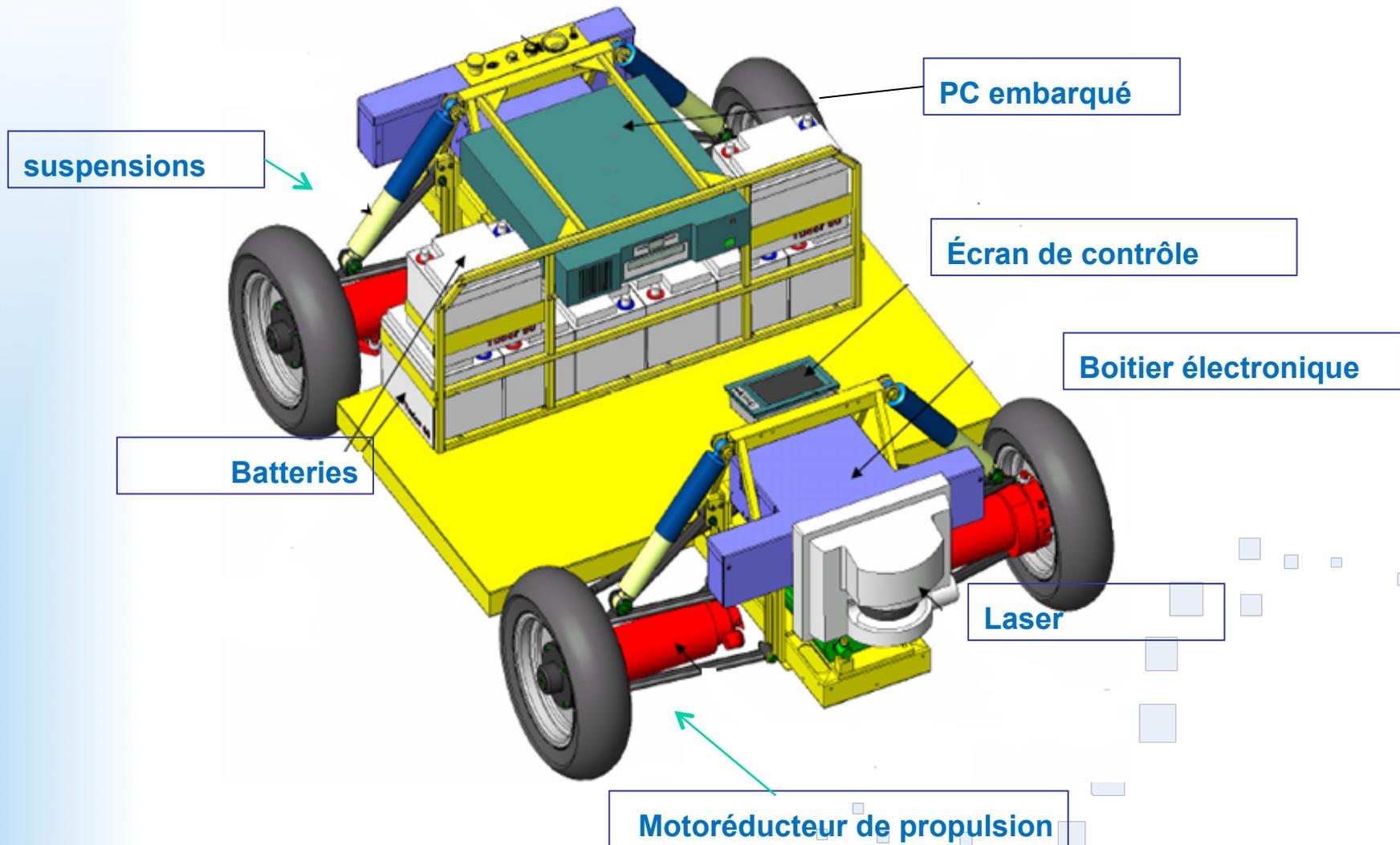
- Le benchmark doit
 - Être de complexité équivalente à une application industrielle
 - Illustrer des fonctionnalités diverses exigés par les industriels
 - Contenir au moins une fonctionnalité partagée par tous.



« Robucar »

un véhicule électrique autonome

Description du véhicule



Sous-système représentatif de l'ensemble

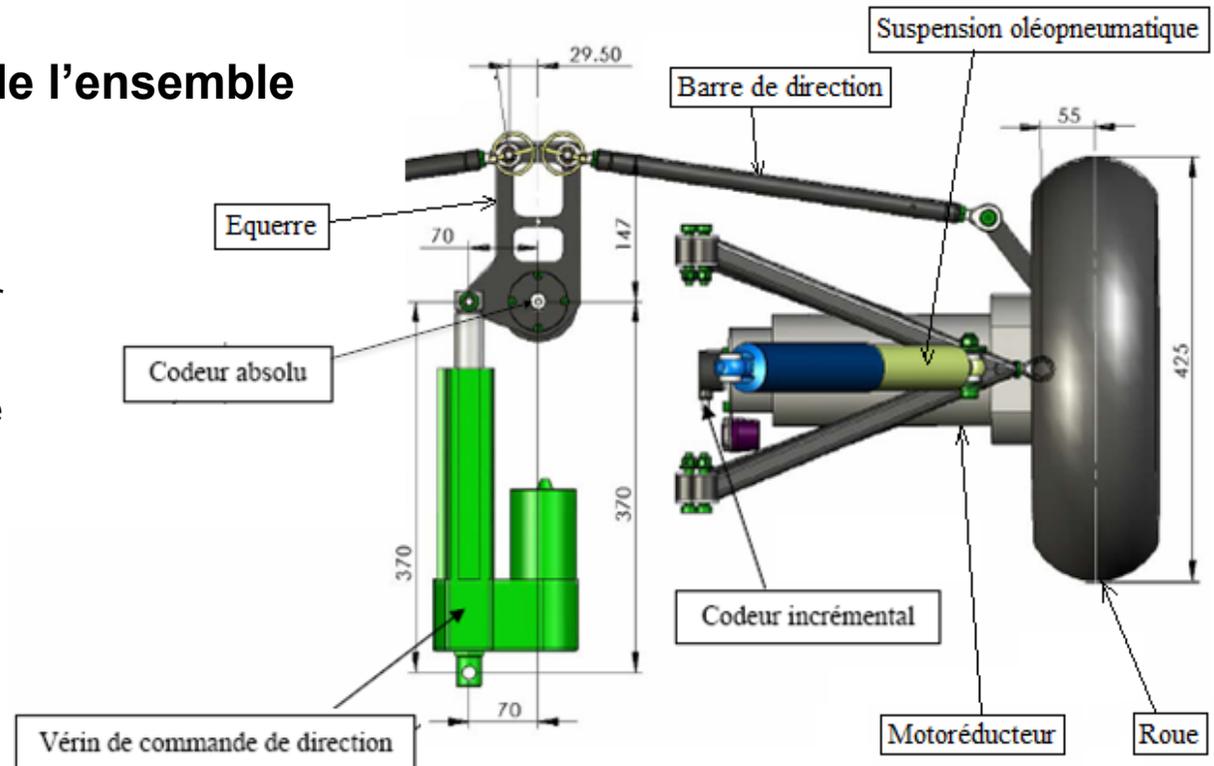
1. le système pont-roue :

- une roue
- un motoréducteur avec un codeur incrémental
- une suspension oléopneumatique

2. le système de direction :

- équerre et la barre de direction
- vérin électrique
- codeur absolu sur l'équerre

3. le système d'alimentation

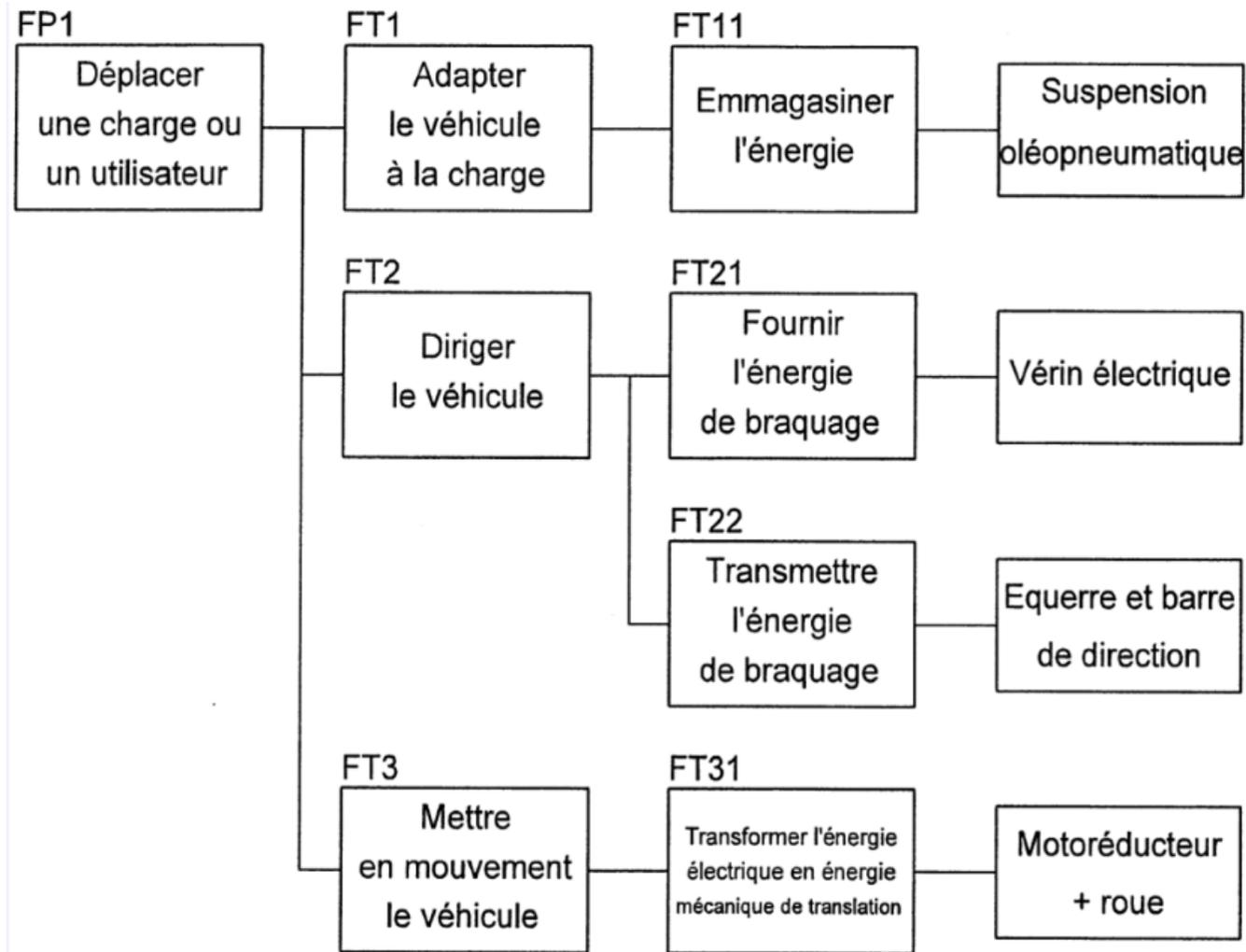


→ Construction du FAST¹ puis l'AMDEC²

1 FAST: Function Analysis System Technic

2 AMDEC: Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et Criticité

Diagramme FAST



Défaillance		Métrique		Fonct. & cause											
n° ligne (n° M.D)	Bloc organique classer pour C URL	Lambda du bloc organique, (en % n° défaut)		Fonction interne (fonction du bloc)	Cause de la défaillance			Occurrence (O)	Severity (S)	Détection (D)	Risk Priority Number	Use detection before			
								Probabilité (P)	Gravité (S-GF)	Déteabilité (D)	Criticité (C)	Détection Opérateur			
1	Bloc Pont-Roue			FT31: Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique de translation	clou, caillou, usure du pneu,...			5	3	1	15	Visible en faisant le véhicule			
4	Bloc Pont-Roue	Moteur bloqué		FT1: Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique de translation	Erreur sur le bobinage cassé			2	3	3	18				
5	Bloc Pont-Roue	Suspension grippée		FT1: Emmagasiner l'énergie	Vérin de suspension défectueux usure	Energie de la charge du véhicule pas entièrement emmagasinée		4	5	2	40	Le véhicule est ancor haut.			
6	Bloc Pont-Roue	Suspension HS		FT1: Emmagasiner l'énergie	Vérin de suspension défectueux élément du vérin cassé	Energie de la charge du véhicule pas emmagasinée		3	5	2	30	Le véhicule est ancor bas.			
7	Bloc Pont-Roue	Codeur incrémental Absence de données (silencieux)		Informe sur la vitesse et le sens de rotation du moteur	Fil coupé, alimentation coupée, ...	Pas de retour, retour nul		3	3	3	27				
8	Bloc Pont-Roue	Codeur incrémental Mesure étonnée		Informe sur la vitesse et le sens de rotation du moteur	Casse mécanique	Retour de la vitesse/position faussé : inférieur à la valeur normal		2	1	5	10				
9	Bloc de direction	Equerre tordue		FT22: Transmettre l'énergie de braquage	Trop forte pression exercée sur l'équerre	Energie de braquage insuffisante	Le train entier du véhicule ne braque pas correctement	2	4	4	32				
10	Bloc de direction	Equerre cassée		FT22: Transmettre l'énergie de braquage	Trop forte pression exercée sur l'équerre, usure	Pas d'énergie de braquage	Le train entier du véhicule ne braque pas	1	4	4	16				
11	Bloc de direction	Barre de direction tordue		FT22: Transmettre l'énergie de braquage	Trop forte pression exercée sur la barre	Energie de braquage insuffisante	Le roue du véhicule ne braque pas correctement	2	4	4	32				
12	Bloc de direction	Barre de direction cassée		FT22: Transmettre l'énergie de braquage	Trop forte pression exercée sur la barre, usure	Pas d'énergie de braquage	Le roue du véhicule ne braque pas	1	4	4	16				
13	Bloc de direction	Vérin de direction grippé		FT21: Fournir l'énergie de braquage	Vérin de direction défectueux usure	Energie de braquage insuffisante	Le train entier du véhicule ne braque pas assez	4	4	4	64				
14	Bloc de direction	Vérin de direction HS		FT21: Fournir l'énergie de braquage	Vérin de direction défectueux élément du vérin cassé	Pas d'énergie de braquage	Le train entier du véhicule ne braque pas	3	4	4	48				
15	Bloc de direction	Codeur absolu HS		Informe sur l'angle de braquage	Élément du codeur absolu cassé	Information erronée sur l'angle de braquage		3	4	4	48				
16	Alimentation	Batterie faible		Alimentation du système	Oubli de recharge, défaut de fabrication, usure	Energie faible dans le moteur	La roue tourne lentement	5	3	3	45				
17	Alimentation	Batterie vide		Alimentation du système	Oubli de recharge, défaut de fabrication, usure	Aucune énergie	Aucune énergie	5	3	1	15	Le système ne s'allure			
18	Alimentation	Pas d'alimentation		Alimentation du système	Court-circuit	Pas de courant du système	Pas de courant du système	4	3	3	36	Le système ne s'allure			



Construction de l'AMDEC (2/2)

Effets		Eval. Criticité		Moyens de détection		n° ligne (n° M.D)	Mode de défaillance	Opérateur												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P					
Line ou Failure Mode Id.	Item (equipment coded by LRU)	Effet local (interne au bloc)	Effet local (interne à l'URL)	Probabilité (P)	Gra	Détection Opérateur avant la mission	Détection Opérateur pendant la mission													
1	Bloc Pont-Roue	L'énergie mécanique transmise ne correspond pas à la demande.	Mauvais montage roue	5	3	Visible en faisant le tour du véhicule	Mouvement anormal													
2	Bloc Pont-Roue																			
3	Bloc Pont-Roue																			
4	Bloc Pont-Roue																			
5	Bloc Pont-Roue	Suspension grippée				FT11: Emmagasinage de l'énergie	Vérin de suspension cassé, usure	Energie de la charge du véhicule pas entièrement emmagasinée												
6	Bloc Pont-Roue	Suspension HS				FT11: Emmagasinage de l'énergie	Vérin de suspension cassé, élément du vérin cassé	Energie de la charge du véhicule pas emmagasinée												
7	Bloc Pont-Roue	Codeur incrémental : Absence de données silencieuses				Info sur la vitesse et le sens de rotation du moteur	Fil coupé, alimentation coupée, ...	Pas de retour, retour nul												
8	Bloc Pont-Roue	Codeur incrémental : Mesure éronnée				Info sur la vitesse et le sens de rotation du moteur	Casse mécanique	Retour de la vitesse/position faussé : inférieur à la valeur normale												
9	Bloc de direction	Equerre tordue				FT22: Transmettre l'énergie de braquage	Trop forte pression sur l'équerre	Energie de braquage insuffisante	Le train entier du véhicule ne braque pas correctement											
10	Bloc de direction	Equerre cassée				FT22: Transmettre l'énergie de braquage	Trop forte pression sur l'équerre, usure	Pas d'énergie de braquage	Le train entier du véhicule ne braque pas											
11	Bloc de direction	Barre de direction tordue				FT22: Transmettre l'énergie de braquage	Trop forte pression sur la barre	Energie de braquage insuffisante	Le roue du véhicule ne braque pas correctement											
12	Bloc de direction	Barre de direction cassée				FT22: Transmettre l'énergie de braquage	Trop forte pression sur la barre, usure	Pas d'énergie de braquage	Le roue du véhicule ne braque pas											
13	Bloc de direction	Vérin de direction grippé				FT21: Fournir l'énergie de braquage	Vérin de direction cassé	Energie de braquage insuffisante	Le train entier du véhicule ne braque pas assez											
14	Bloc de direction	Vérin de direction HS				FT21: Fournir l'énergie de braquage	Vérin de direction cassé, élément du vérin cassé	Pas d'énergie de braquage	Le train entier du véhicule ne braque pas											
15	Bloc de direction	Codeur absolu HS				Info sur l'angle de braquage	Élément du codeur cassé	Information erronée sur l'angle de braquage												
16	Alimentation	Batterie faible				Alimentation du système	Obt. de recharge, défaut de fabrication, usure	Energie faible dans le moteur	La roue tourne lentement											
17	Alimentation	Batterie vide				Alimentation du système	Obt. de recharge, défaut de fabrication, usure	Aucune énergie	Aucune énergie											
18	Alimentation	Pas d'alimentation				Alimentation du système	Court-circuit	Pas de courant du système	Pas de courant du système											

Implémentation de la méthode

C'est une méthode basée sur le suivi en temps réel du fonctionnement du véhicule

Parcours choisi

5 capteurs C1 à C5

5 phases de déplacement

+

2 pauses

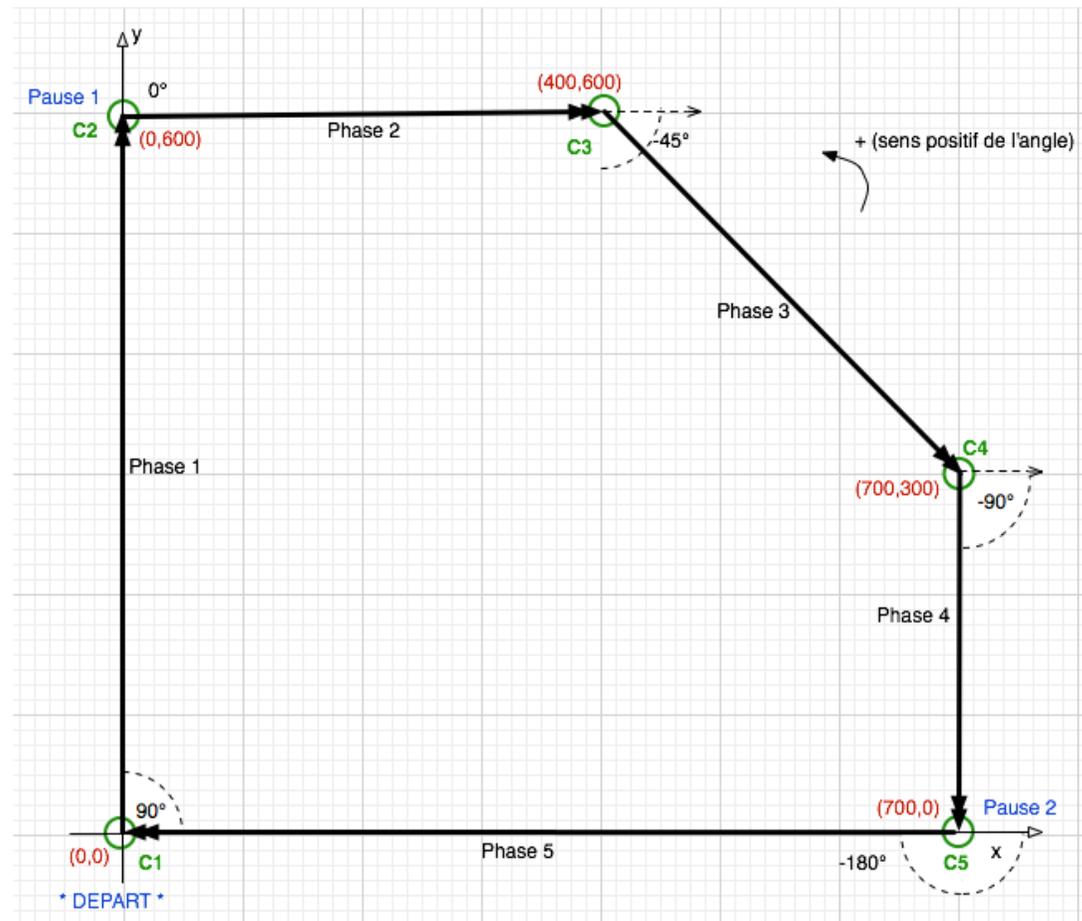


Commande

+

Diagnostiquer

(observation, detection localisation)



Liste des modes de défaillance

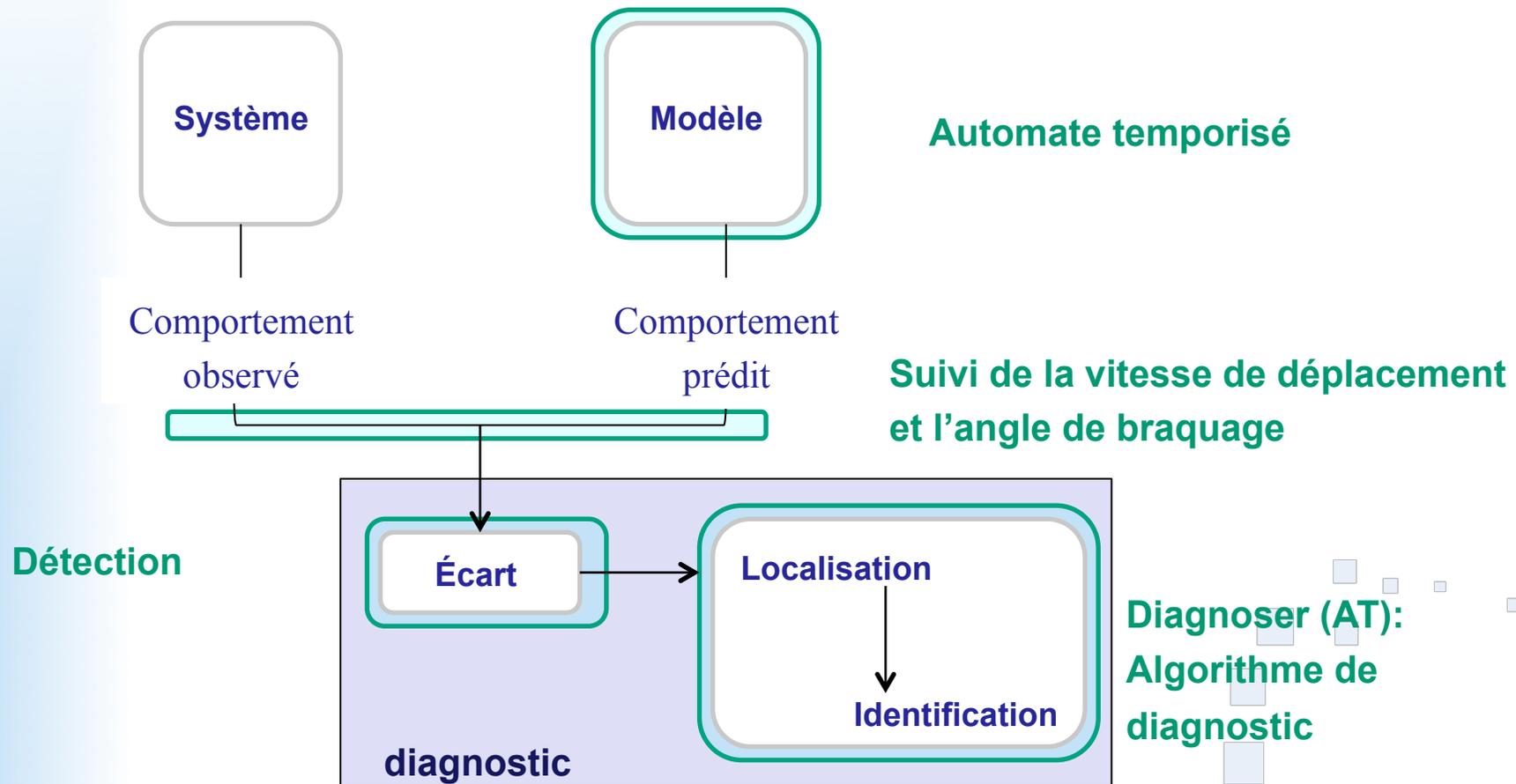
n° ligne (n° M.D)	Mode de défaillance
1	Roue endommagée
2	Moteur en roue libre
3	Moteur qui tourne en continu au max
4	Moteur bloqué
5	Suspension grippée
6	Suspension HS
7	Codeur incrémental silencieux
8	Codeur incrémental mesure éronée
9	Equerre tordue
10	Equerre cassée
11	Barre de direction tordue
12	Barre de direction cassée
13	Barre de direction cassée
14	Vérin de direction grippé
15	Vérin de direction HS
16	Codeur absolu HS
17	Batterie faible
18	Batterie vide

+

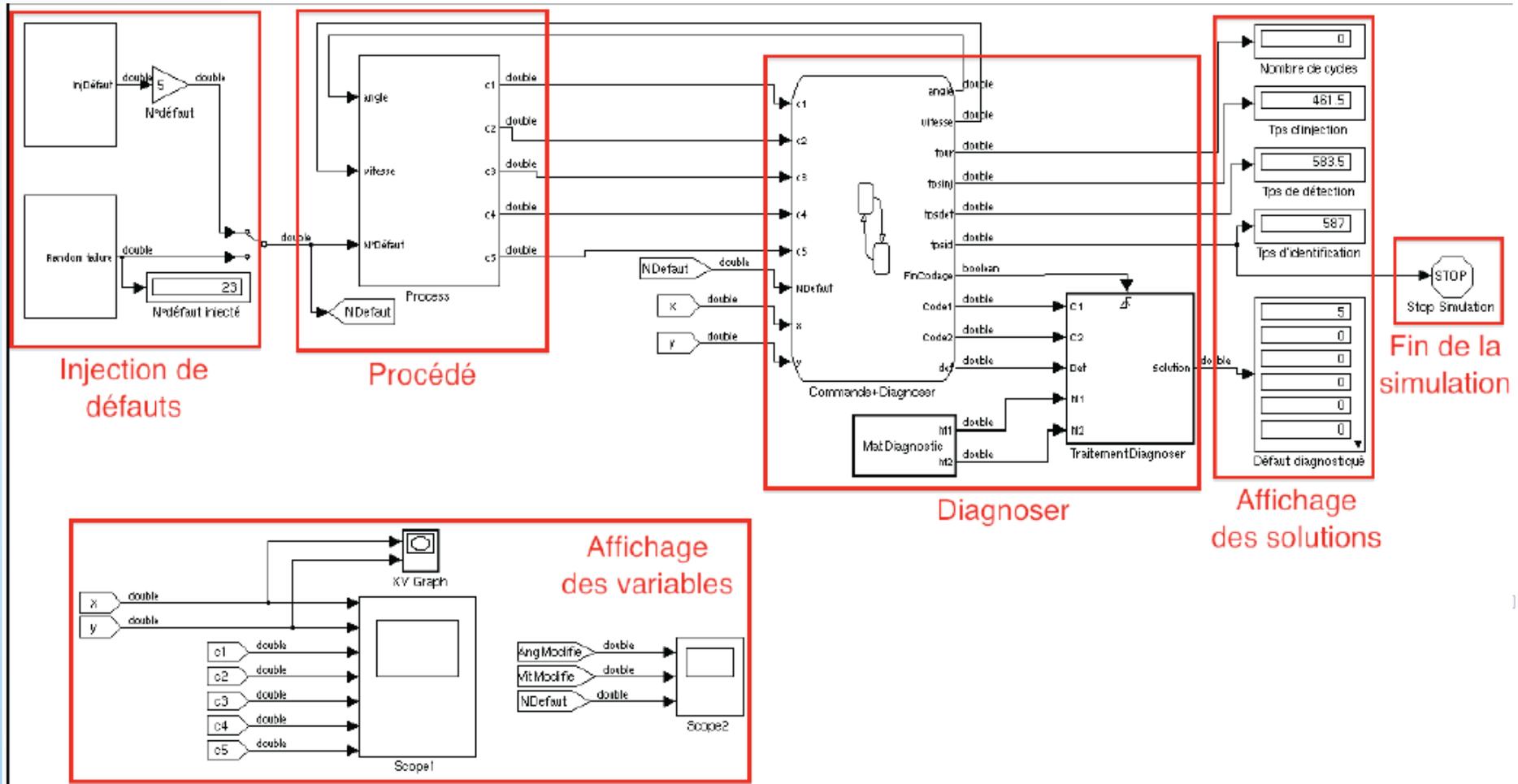
19	C1 reste éteint
20	C1 reste allumé
21	C2 reste éteint
22	C2 reste allumé
23	C3 reste éteint
24	C3 reste allumé
25	C4 reste éteint
26	C4 reste allumé
27	C5 reste éteint
28	C5 reste allumé

18 modes de défaillances possibles avec leurs causes, effets et criticité
+
10 modes de défaillances des capteurs

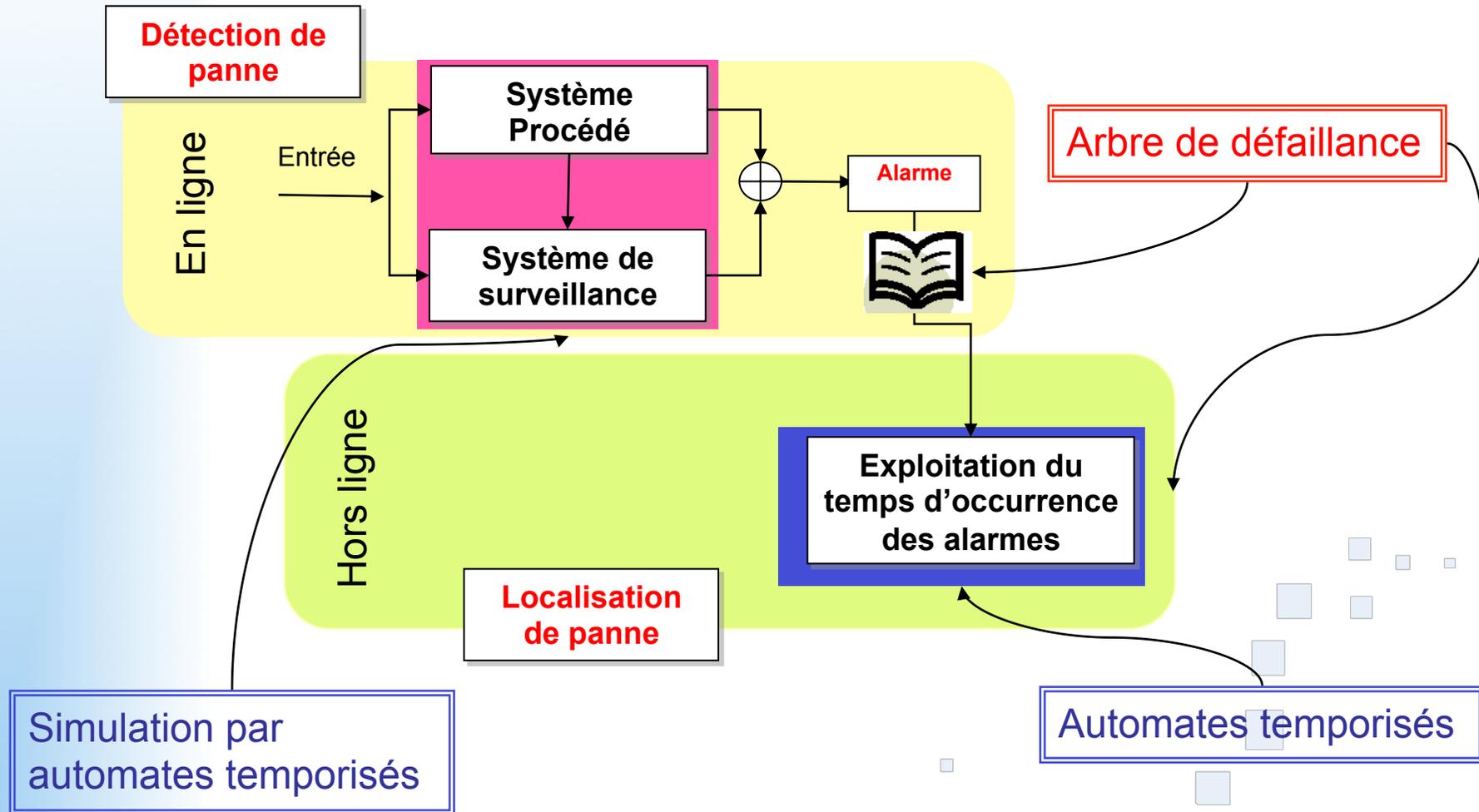
Principe de détection et d'identification



→ Validation de l'algorithme : temps de détection et de localisation.



2- Démarche générale

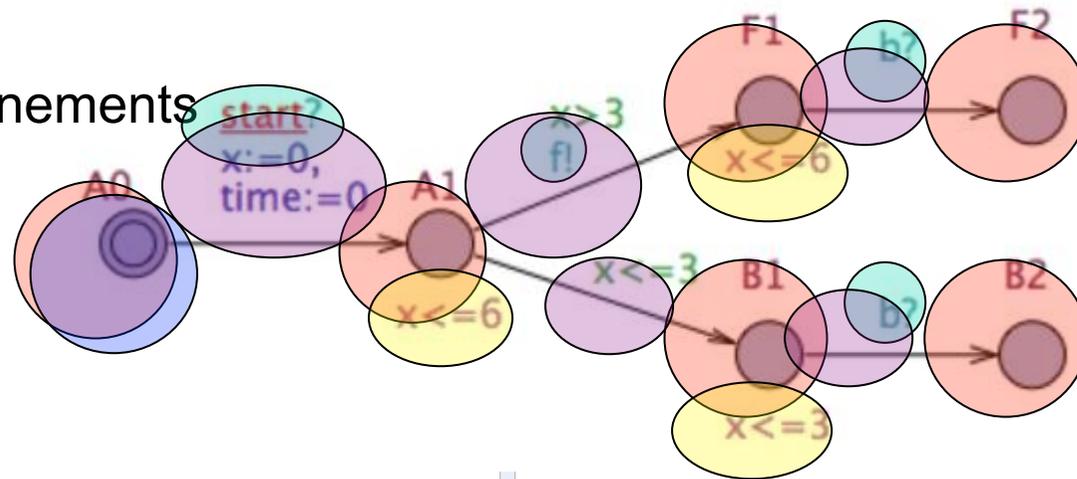


3. Les automates temporisés

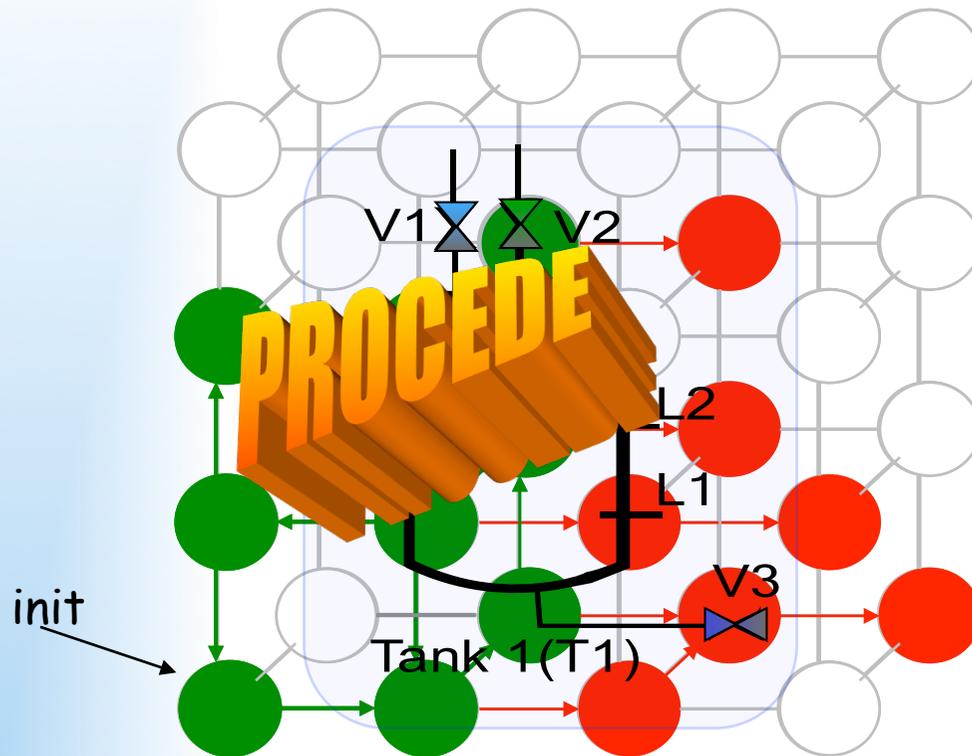
L'outil automate temporisé est défini comme étant une machine à états finis muni d'un ensemble de variables continues par morceaux appelées horloges.

Un automate temporisé $A = (Q, q_0, W, E, I)$

- Q ... ensemble d'états
- q_0 ... état initial
- W ... ensemble d'événements
- E ... arcs temporisés
- I ... invariants



Réseau des différents états possibles



Fonctionnement normal

Commande

Fonctionnement en présence
d'éventuelles fautes

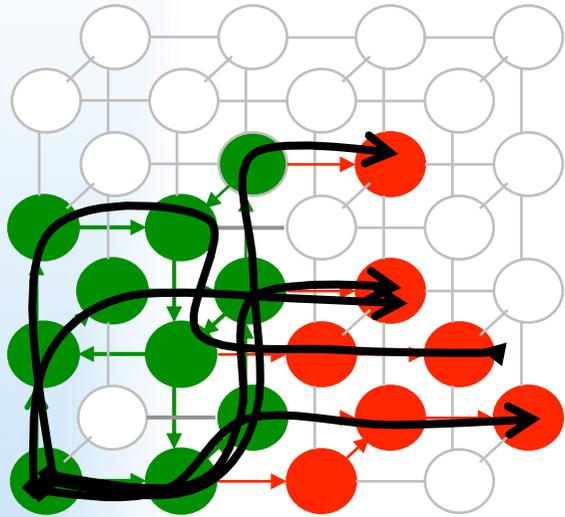
AMDEC

Simulation : Stateflow

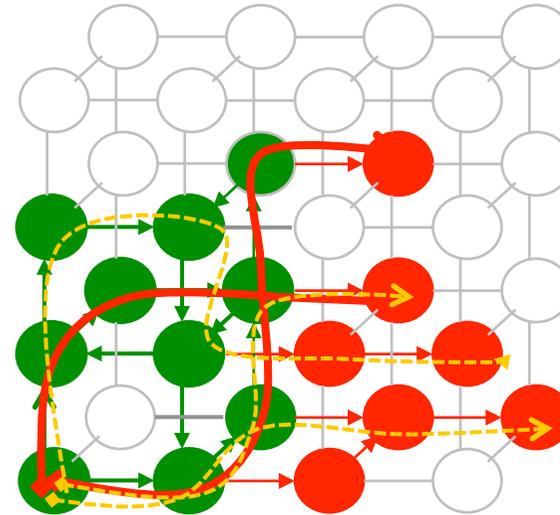
MATLAB

* Z. SIMEU-ABAZI, M. DI MASCOLO, M. KNOTEK " *Fault diagnosis for discrete event systems: modelling and verification* ", **Reliability Engineering and System Safety**, Volume 95, Issue 4, April 2010, Pages 369-378.

Principe de détection et de localisation



1-Identification des trajectoires



2- Analyse des trajectoires

Modèle fonctionnel

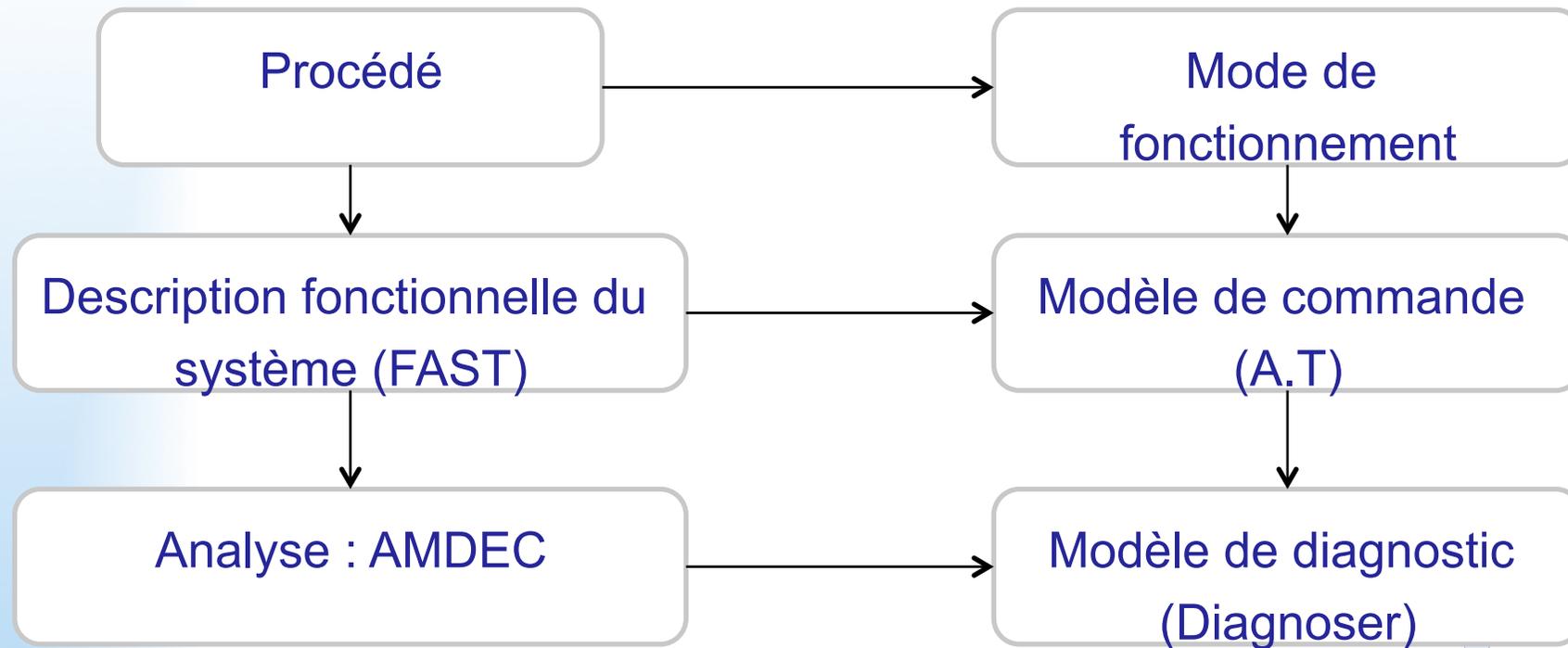
Modes de défaillance



Liste des équipements défectueux

Arbre de défaillance dynamique

2. Démarche générale



* Z. SIMEU-ABAZI, M. DI MASCOLO, M. KNOTEK " *Fault diagnosis for discrete event systems: modelling and verification* ", **Reliability Engineering and System Safety**, Volume 95, Issue 4, April 2010, Pages 369-378.

* Z. SIMEU-ABAZI, A. LEFEBVRE " " A methodology of alarm filtering by using dynamic fault tree " , **Reliability Engineering and System Safety**, Volume 96, Issue 2, 2011, Pages 257-266.

Domaine d'application:

- Procédés continus commandés par automate (mécanique, hydraulique, électrique,..)
- Procédés discrets commandés par automate (machine outils, ...)
- Procédés hybrides (réseaux de télécommunication, ...)

Validation sur :

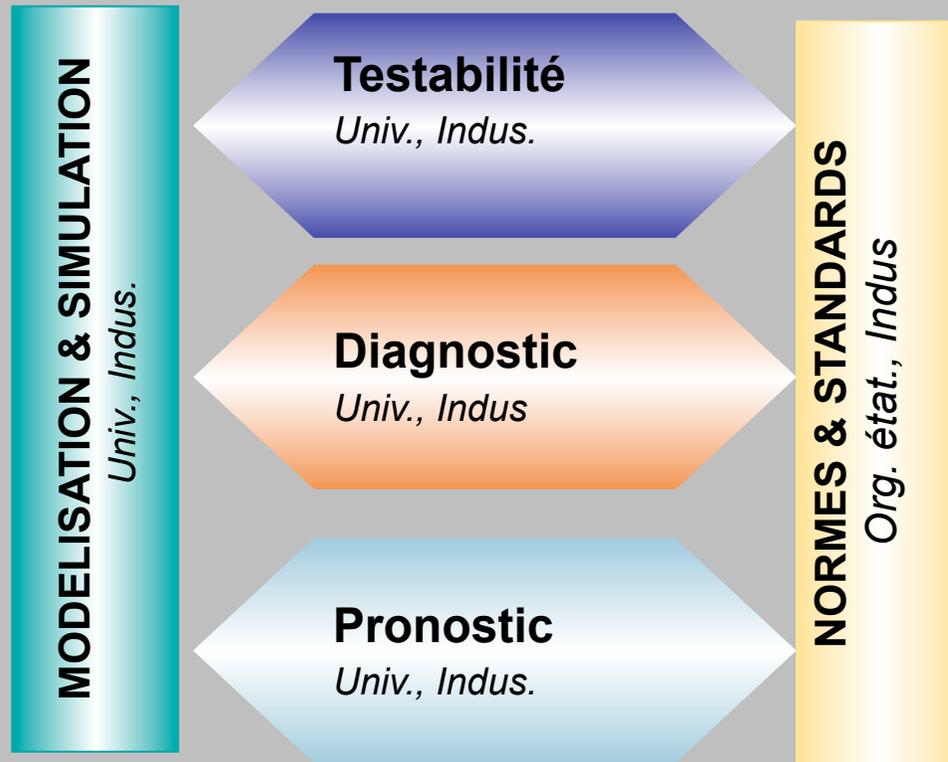
- le système de remplissage et vidange de bacs
- le système avionique
- Robucar

Complexité: construction automatique des différents modèles

Travaux en cours et problématiques à développer

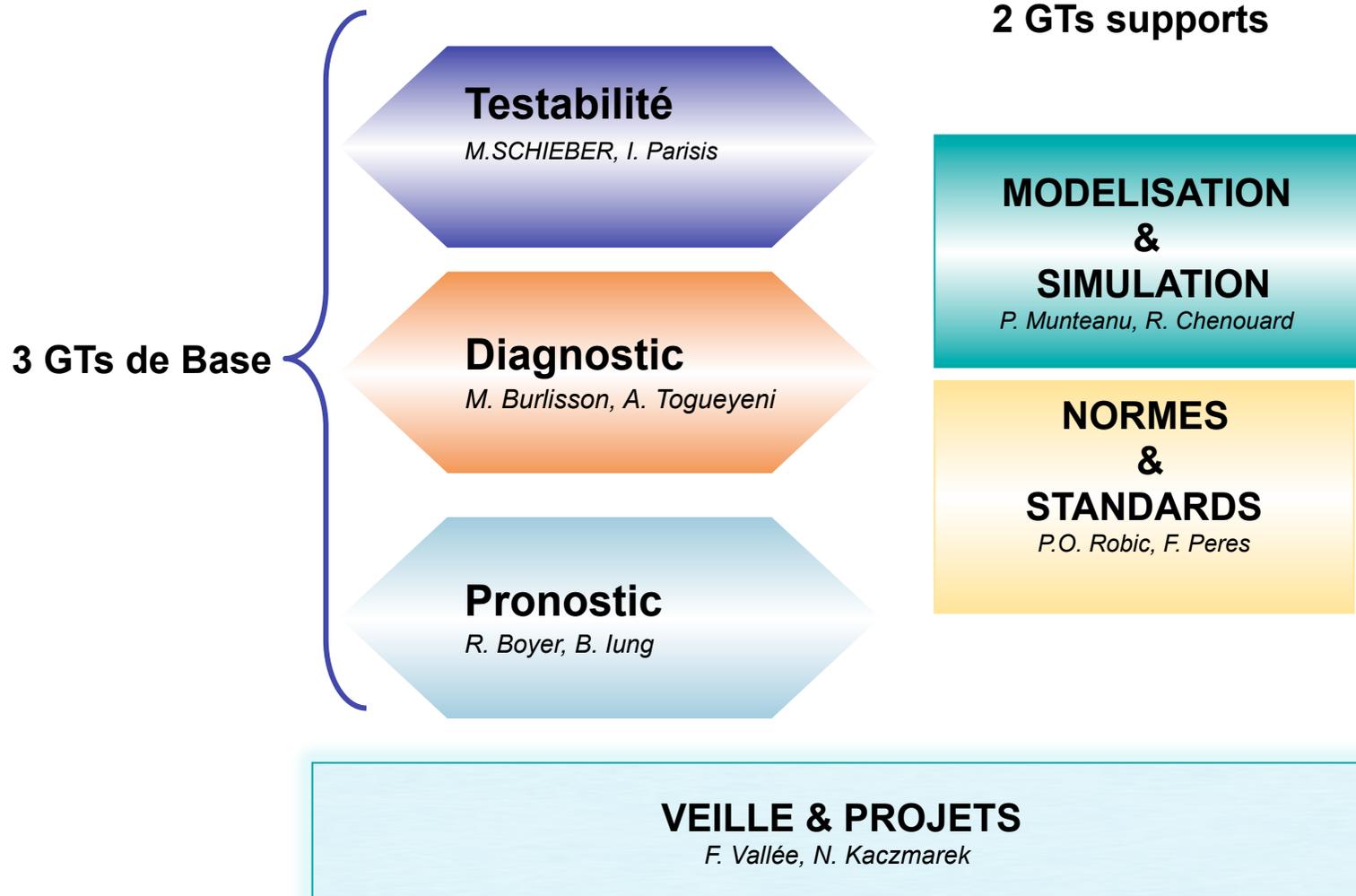
- ✓ Etude de la **robustesse** des modèles (prise en compte des incertitudes)
- ✓ Elaboration des critères de **diagnosabilité**.
- ✓ Démarche de construction de **l'AMDEC Dynamique**

Au lancement des GTs

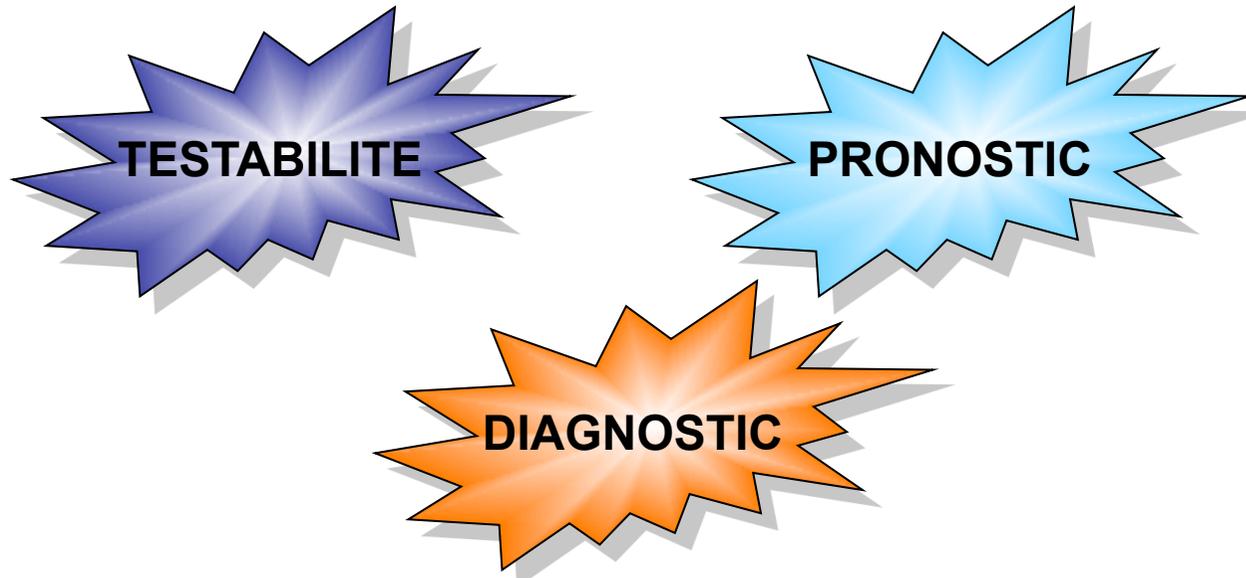


5 GROUPES DE TRAVAIL

Le Conseil Scientifique de diag21- Activités



Le Conseil Scientifique de diag21- Objectifs



Scientifiques

- Amélioration des méthodes,
- Évolution des normes et standards
- Création d'une plateforme d'échange
- Elaboration de projets structurants, ...

Technologiques

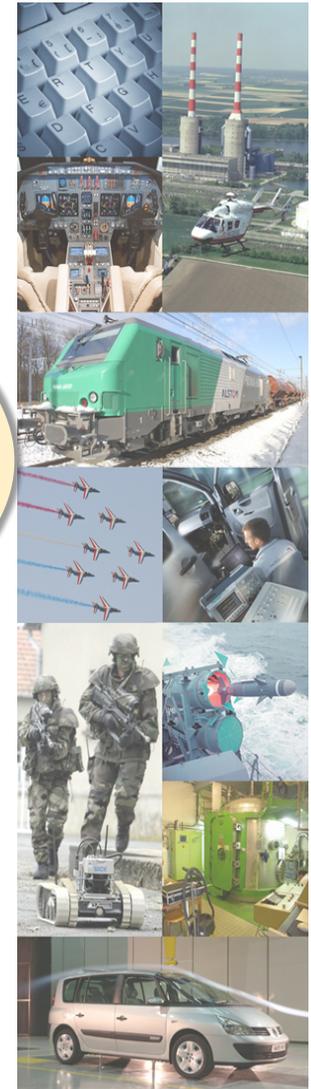
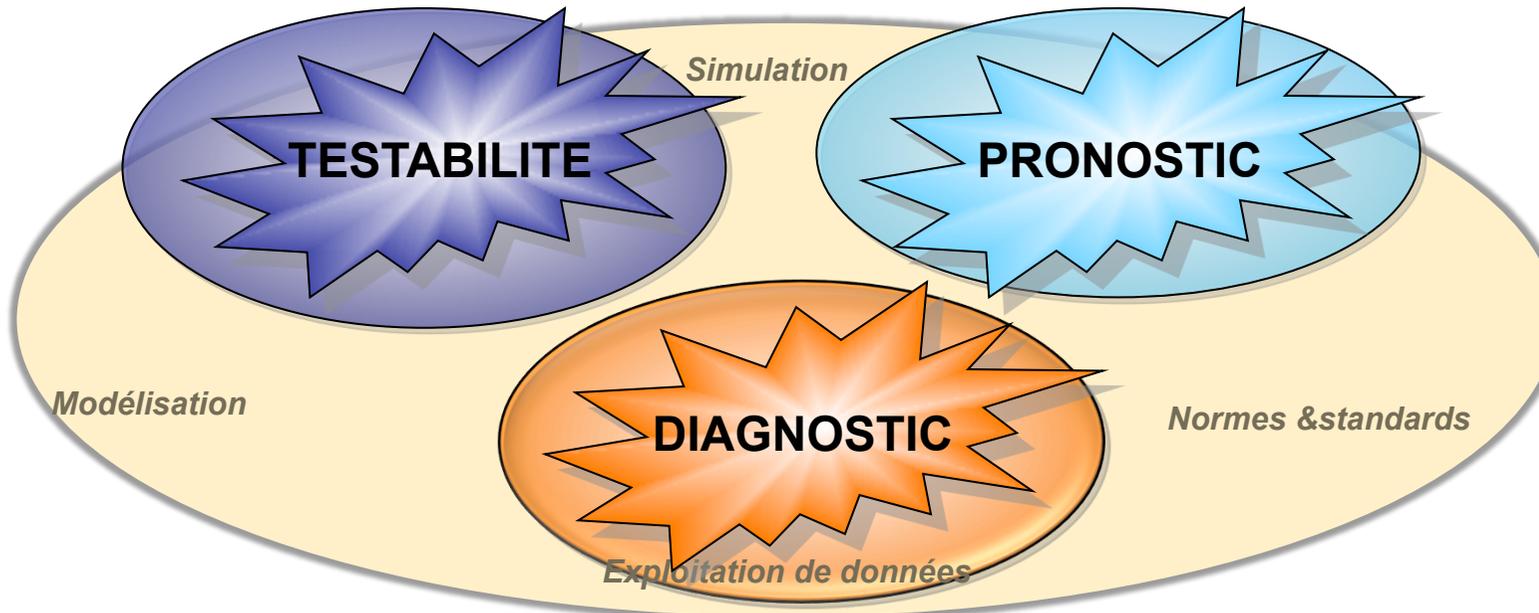
- Assurer une veille technologique
- Fournir un terrain expérimental
- Labelliser les études, ...

Transfert

- Organiser des formations
- Animer des forums et congrès
- Appels ciblés à Publications, ...



C.S. Synthèse 2010



Les premiers travaux

- ❖ Définition du périmètre des activités
- ❖ Identification des liens entre les thématiques
- ❖ Focalisation sur des problématiques particulières
- ❖ Solutions regroupant les communautés et domaine - projet
- ❖ 1^{ère} action: Terminologie

A poursuivre

- ❖ Harmonisation de la terminologie entre les GTs
- ❖ Repenser les métiers et les activités afin qu'elles communiquent
- ❖ Mettre à jour les standards et normes
- ❖ Proposer de nouvelles solutions techniques

Rappel de la feuille de route 2010

Objectifs: créer une **synergie** et favoriser les **échanges** autour des thématiques de la maintenance et **proposer des services** innovants

- Phase 1 -

Dans une phase initiale, chacun des groupes dressera, un état des forces et faiblesses, des convergences et divergences dans la problématique qui lui correspond afin de définir le périmètre des activités du groupe ainsi que les activités aux interfaces avec les autres GT.

- Phase 2 -

La seconde phase concerne la mutualisation des connaissances. Il s'agit d'échanger autour des pratiques, des méthodes et outils afin de proposer une typologie commune et d'harmoniser les pratiques dans les différents domaines.

- Phase 3 -

La troisième phase concerne l'identification d'experts dans le domaine et la remontée des projets communs.

