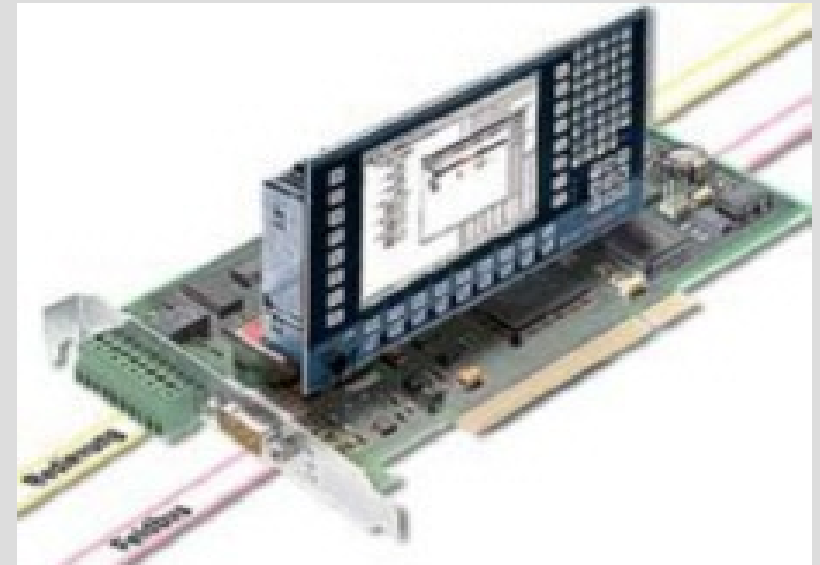


Belgacem BEN HEDIA
ESISAR-INP Grenoble

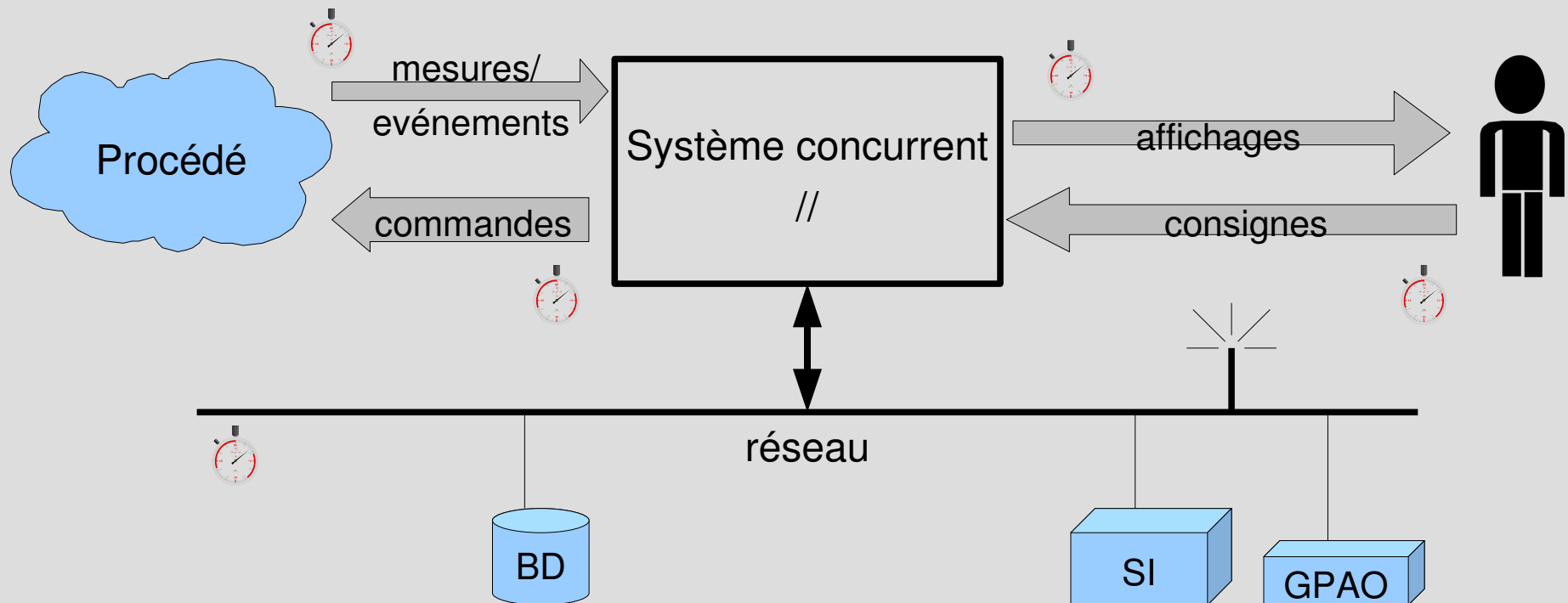
CITI - INSA Lyon
EPT

belgacem.ben-hedia@insa-lyon.fr
belgacem.ben-hedia@esisar.inpg.fr
<http://www.bbheddia.org>



Introduction

Les systèmes temps réel embarqués communicants / Systèmes réactifs



Contraintes temporelles

- acquisition, sorties, **échéances**

Contraintes d'embarquabilité

- Place limitée, contraintes physiques
- Contraintes d'énergie

Contraintes de coût

Introduction

Domaines d'application

- Périphériques
 - imprimantes, modems, claviers, souris
- Domotique
 - HiFi, électroménager, confort
 - contrôle à distance, régulation
- Systèmes automatisés
 - contrôleurs industriels
 - système de mesure
- Systèmes mobiles
 - carte à puce
 - téléphones mobiles, PDA
 - véhicule : automobile, avion, train, fusée, robot
- Systèmes à réalité virtuelle
 - simulateurs de conduite, télé-opération

Introduction

Évolution actuelle du domaine

- Transport
 - Automobile
 - Plus de 50 ECU (Electronic Control Unit)
 - Avionique
 - Airbus A300 (1974) : 25 ko
 - Airbus A380 (2005) : 64 Mo
 - Spatial
 - Spot1 (1980) : 48 ko
 - Mars Express (2003) : 1,2 Mo
- Systèmes personnels
 - Systèmes portables communicants
 - Pda, lecteurs mp3, smartphone
 - Image
 - Appareil photo numériques, ...
- Capteurs
 - Médical, industriel, identifiants, suivi

Introduction

Définitions

- Un système est dit **concurrent** lorsqu'il est composé de modules pouvant s'exécuter en parallèle
- Un système **temps réel** possède des contraintes temporelles **explicites**
- Un système est dit **embarqué** lorsqu'il est physiquement lié au procédé à contrôler
- Un système est dit **enfoui** lorsqu'il est caché en utilisation
- Un système est dit **critique** lorsqu'une défaillance du système à des conséquences grave
 - environnement
 - procédé à contrôler
 - personnes

Introduction

Temps réel

- Arriver à l'heure \neq aller vite
- Temps réel dur
 - une échéance stricte est à respecter
 - «un résultat juste mais hors-délai est un résultat faux»
- Temps réel mou ou relâché
 - tolérance de dépassement d'échéance
 - pourcentage de non respect
 - taux de dépassement
- Quelques unités de temps
 - milliseconde : systèmes radar
 - seconde : système de visualisation
 - minute : chaîne de fabrication
 - heure : contrôle de réaction chimique

Introduction

Propriétés des systèmes embarqués temps réel

- Fortes interaction avec le procédé
 - Système continu
 - Évolution du procédé indépendante du contrôle
 - Contraintes temporelles
- IHM limité ou spécifique
 - Parfois pas d'IHM (systèmes enfouis)
 - Modèles d'interactions avec l'utilisateur spécifique
 - Impact sur le développement et les tests
 - Impact sur le fonctionnement
 - Politique d'initialisation, de maintenance
 - Chargement du code, activation, reboot, installation/désinstallation
- Contraintes de coût, d'espace, de consommation
 - Matériel spécifique
 - Taille mémoire limitée
 - Processeurs limités

Introduction

Propriétés des systèmes embarqués temps réel

- Prédicibilité
 - Temps : temps d'exécution et temps de réponse
 - Espace : occupation mémoire
 - Énergie : utilisation des accès mémoire, vitesse processeur, utilisation des composants
- Fiabilité / sûreté
 - Image de marque
 - Matériel défaillant : matériel non utilisable
 - Image commerciale du vendeur du système
 - système sans IHM
 - séquence de reprise, boot
 - Sécurité
 - Personnes
 - Procédés contrôlés
 - Environnement

Introduction

Systemes dédiés

- L'architecture matérielle et logicielle est adaptée aux besoins spécifiques de l'application
- Le matériel
 - Peu coûteux, fiable, prédictible
 - Dimensionné pour l'application et son utilisation
 - Capacités de calcul et de stockage
 - Consommation

Introduction

Bogues célèbres: Ariane 5

- Erreur
 - Erreur de codage
 - Pas de protection sur exception non prévues
 - Erreur de spécification
 - Domaine d'entrée des variables d'Ariane 4 au lieu d'Ariane5
 - Modélisation du procédé
 - Erreur de tests / mise au point
 - Pas d'émulation des conditions de vol d'Ariane5
 - Pas de test d'intégration
 - désormais obligatoire
 - Erreur de conception
 - Une exception n'est pas une erreur grave
 - Un code inutile doit être arrêté ou confiné



Maîtrise du développement

Introduction

Développement

- Modèle économique : plusieurs acteurs
 - Intégrateur / vendeur
 - Automobile : constructeur
 - Multimédia : opérateur
 - Fournisseur
 - Automobile : équipementier
 - Multimédia : développeur de produits, prestataire de services
 - Fournisseur de technologies
 - Fondateurs, RTOS
 - Contractualisation des rapports
 - Peu d'intégration
- Cycle de développement
 - cycle en V : identification d'étapes, séparation client / fournisseur
 - approche « maison »
 - réutilisation généralement limitée aux fonctions

Introduction

Développement

- Étapes
 - Spécification
 - Expression des besoins fonctionnels et contraintes matérielles
 - Description du procédé à contrôler, de l'environnement
 - Contraintes de qualité de service (coût, taille, consommation)
 - Conception
 - Découpage matériel / logiciel
 - Architecture matérielle
 - Cartes, composants
 - Traitements et protocoles à spécifier
 - Architecture logicielle
 - OS, environnement de développement
 - Décomposition modulaire
 - Codage
 - Choix d'un environnement de développement et d'un langage (C)
 - Validation

Introduction

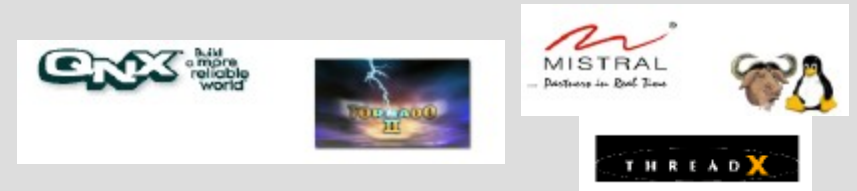
Étapes de développement

1 Spécifications des besoins

2 Choix d'une architecture matérielle :
processeur (puissance, famille), carte



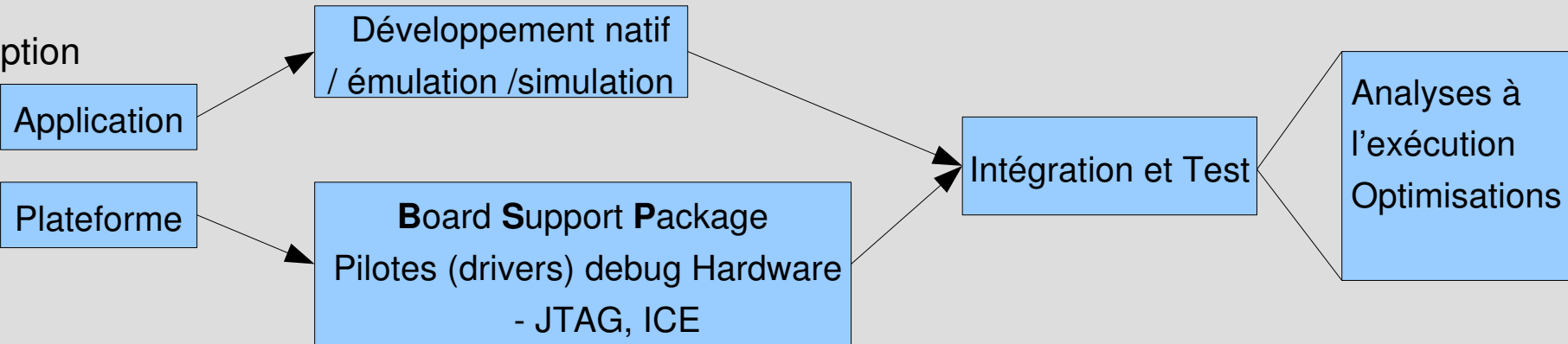
3 Choisir un langage de programmation
et un OS (RTOS), si nécessaire



4 Choix de l'outil de développement
(compilateur, suite de développement, debugger, simulateur)



5 Conception



SA-RT

Historique

- Spécification de système

Structured Analysis Design Technics

SADT

(D.T. Ross 1976)

- Spécification statique de logiciel

Structured Analysis

SA

(Yourdon/Demarco 1979)

- Spécification dynamique de logiciel

Structured Analysis for Real Time

SA-RT

(Ward/Mellor, 1985) (Hatley/Pirbhai, 1986)

« Stratégies de spécification des systèmes temps réel : SART »

D.J. Hatley, I.A. Pirbhai. Masson.

SA-RT

Objectifs

- Document complet et lisible de descriptions des besoins
- Outil de communication
 - formalisme graphique
 - client - concepteur
 - concepteurs
- Expression des besoins
 - fonctionnel
 - événementiel / réactif
 - données
 - architecture matérielle
- Vérification
 - cohérence
 - simulation

SA-RT

Principes

- Description de l'environnement : diagramme de contexte
 - Bords
 - Information échangées : données et événements
- Spécification des transformations de données : analyse SA
 - Aspect fonctionnel
 - flot de données
 - processus de transformation de données
 - Décomposition arborescente
 - Processus composites
 - Feuille : spécification des processus primitifs
- Description précise des données manipulées
 - Dictionnaire de données

SA-RT

Principes

- Description de l'aspect réactif : analyse RT
 - mise en évidence des événements
 - définition de la logique de contrôle : processus de contrôle
 - à un événement est associé un changement d'état et une ou plusieurs actions : diagramme état-transition
- Description de l'architecture matérielle
 - définition des machines et canaux de communication

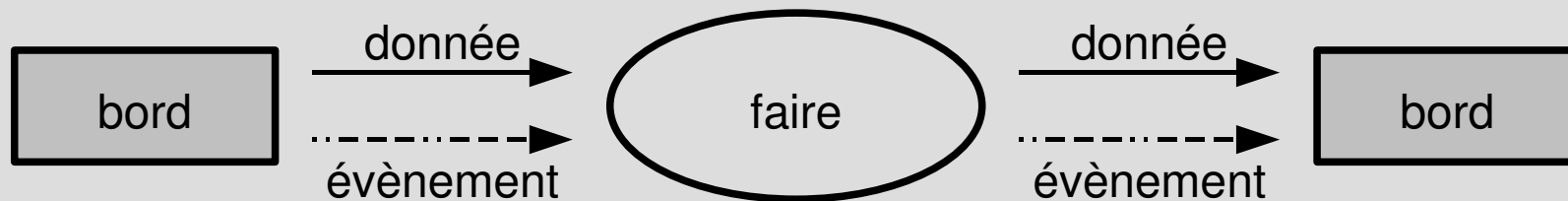
PLAN

- **Diagramme de contexte**
- Analyse SA
- Analyse RT
- Méthodologie
- Architecture matérielle
- Exemple

SA-RT

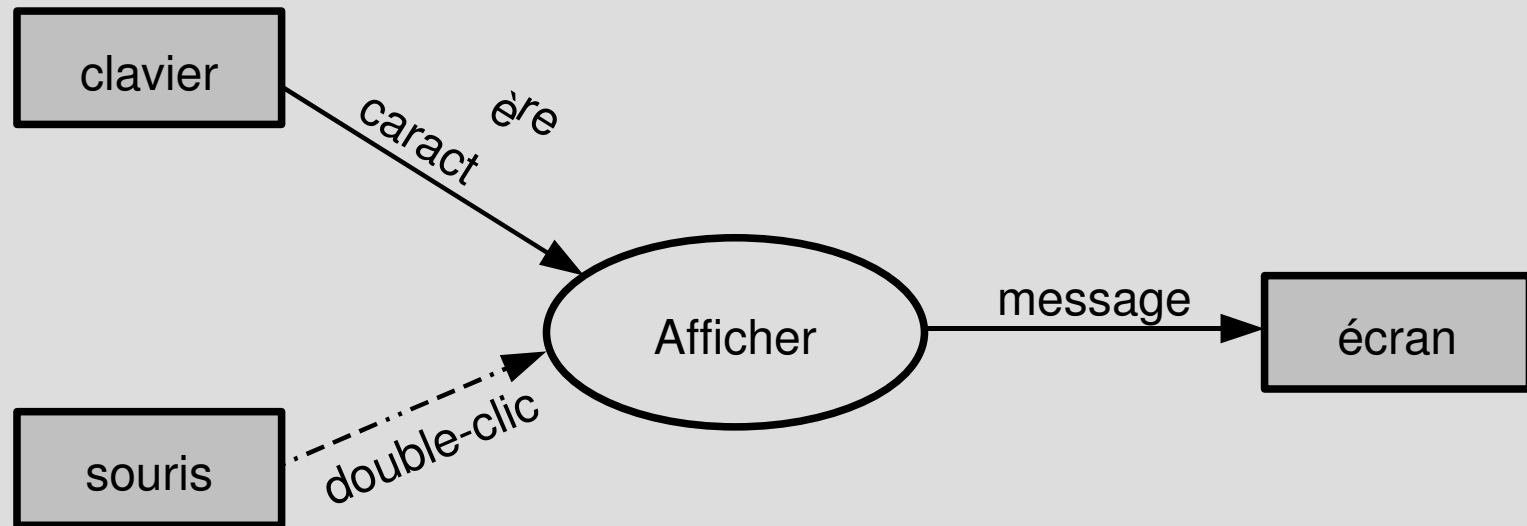
Diagramme de contexte

- But
 - identifier les éléments qui communiquent avec le système
 - définir la liste des entrées/sorties du système
- Éléments représentés
 - bords
 - données et événements utiles échangés entre chaque bord et le système
 - un processus de transformation de donnée



SA-RT

Diagramme de contexte: exemple



SA-RT

Diagramme de contexte: Type de bords

- Dispositif ou périphérique
 - Lecteur Code Barre, GPS, etc.
 - Capteur de position, capteur de température, etc.
 - Moteur électrique, vérin, etc.
- Élément de l'IHM
 - Clavier, écran, souris, joystick
 - Boutons
- Equipement physique
 - Bras de robot, convoyeur, ABS, TV, etc.
- Machine
 - serveur, superviseur, console opérateur, etc.

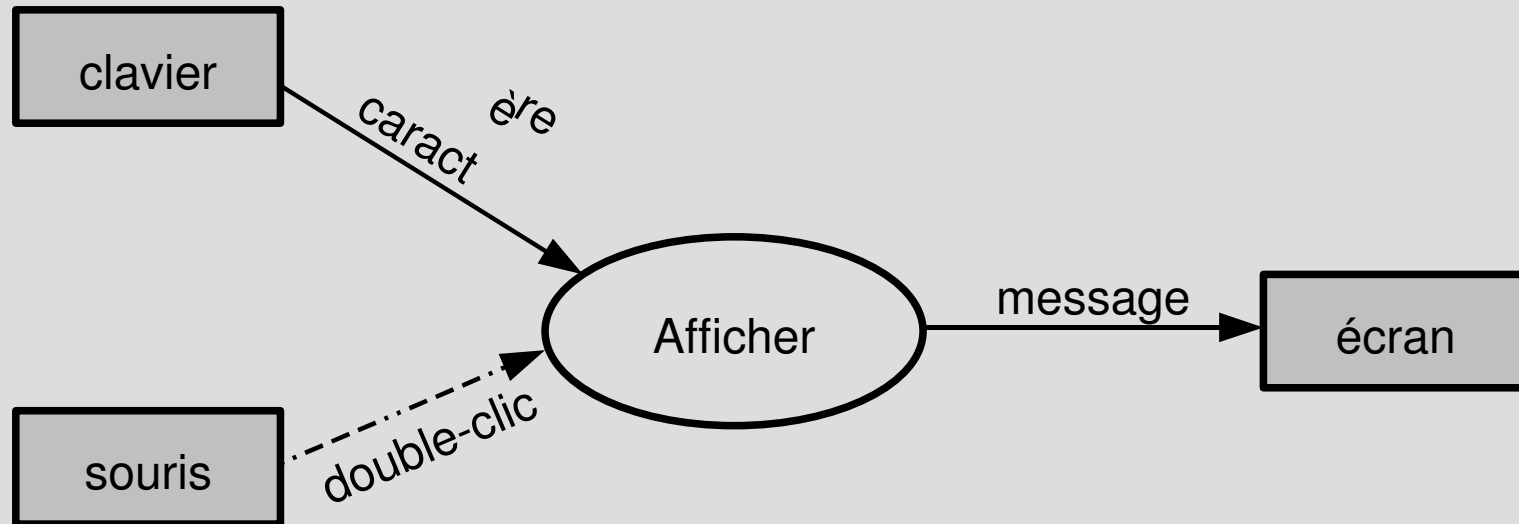
SA-RT

Diagramme de contexte: Description des bords

- Description précise de ou des entités modélisées
- Ne pas décrire dans un bord
 - Les données/événements fournies ou reçues
 - Le rôle de l'application
 - Éviter les verbes
- Ne pas confondre « bords » et « vue du bord au sein du système »
- Exemples
 - Un bouton est un élément de l'IHM
 - Il est caractérisé par sa couleur, sa forme, son type, son label
 - Un bouton n'est pas caractérisé par son utilité, son rôle
 - Un écran
 - Il est caractérisé par le nombre de lignes et de colonnes
 - Il n'est pas caractérisé par ce qui est affiché dessus

SA-RT

Diagramme de contexte: exemple



Description des bords

souris : souris sans fil

clavier : clavier de type azerty

écran : écran plat 14 "

SA-RT

Diagramme de contexte: Données/ événement « description »

- Flot de données
 - continu  température
 - discret  login
- Flot d'événement
 - continu  tropschaud
 - discret  alarme

Description des données et des événements

- Donnée
 - Description informelle
 - Type : énuméré, réel, entier
 - Intervalle : [0,10]
 - Unité
- Événement
 - Description informelle
- Exemples
 - tensionMoteur : tension de commande du moteur, entier, [0,5], Volt
 - boutonXAppuyé : le bouton X a été appuyé

SA-RT

Diagramme de contexte: Dictionnaire de données

- Description des données et des événements
 - nom insuffisant
 - type et unité
 - intervalle ou valeur
 - opérateurs de composition

- Formalisme

Symbole	Signification
=	composé de
* *	commentaire
+	regroupement
{ }	itération non bornée
n { } p	itération de n à p
(.....)	optionnel
" "	expression littérale
[... ...]	ou exclusif
ALIAS	équivalent à

DONNEES = * description *

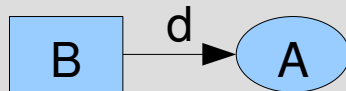
*** type : ..., valeur ou intervalle : ..., unité : ... ***

SA-RT

Diagramme de contexte: Description des données et événements

- Informations utiles

- Pas d'aspects protocolaires



B produit d

A utilise d

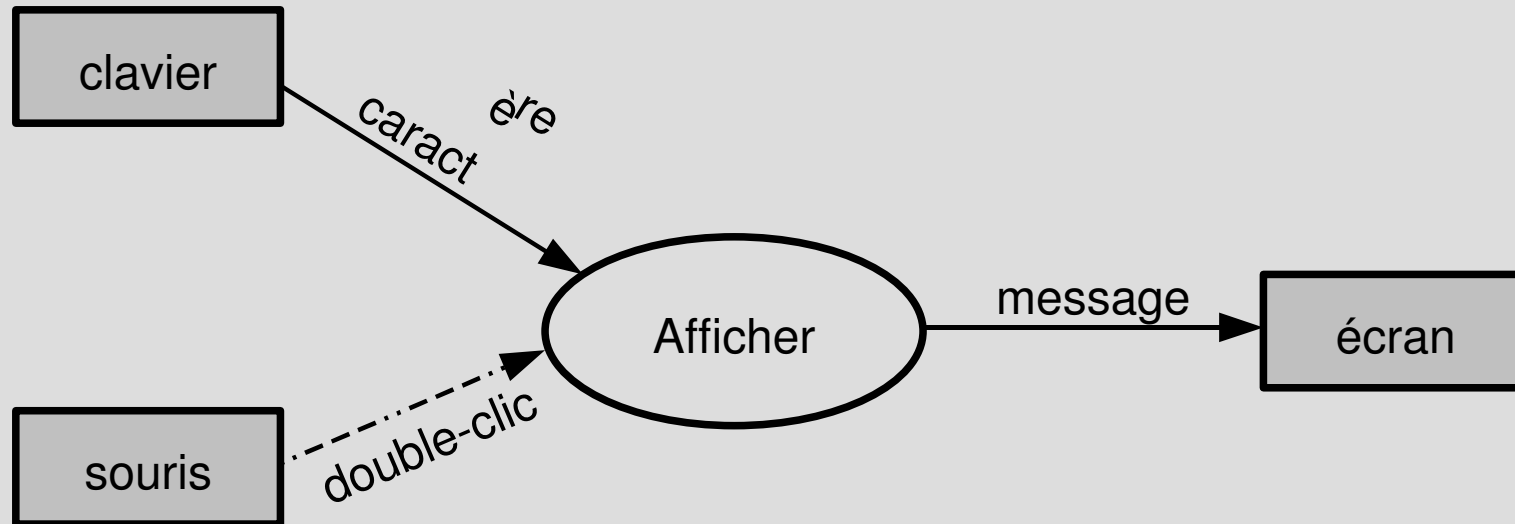
~~B envoie d~~

- Liens avec les bords

- Données de «bas niveau »
- Sorties : interprétables par le bord
 - Exemple pour un écran LCD
 - OK :
 - Erreur :
- Entrées fournis par le bord
 - Exemple :pour un bouton
 - OK
 - Erreur :

SA-RT

Diagramme de contexte: Exemple



Dictionnaire de données

caractère

code ASCII, char

message

chaîne de caractères terminée par un retour chariot, 1{char}255

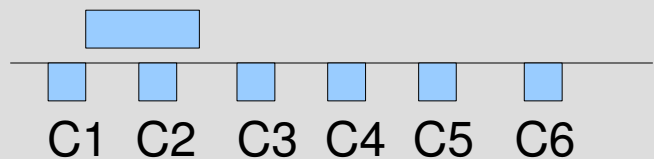
double-clic

double clic gauche

SA-RT

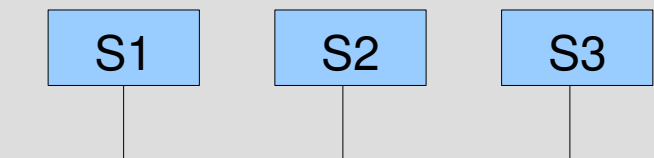
Diagramme de contexte: Regroupement des bords

- Regrouper les entités physiques ou logiques
- Logiques de regroupement
 - Entrées / Sorties
 - Par dispositif
 - Répartition géographique



Ci : capteur

capteurs



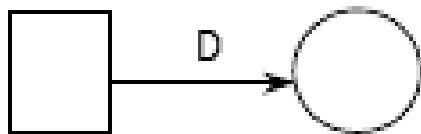
Si : serveur

serveurs

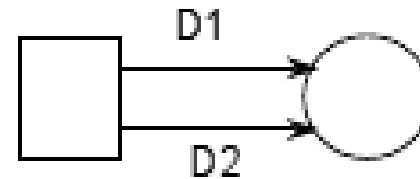
SA-RT

Diagramme de contexte: Regroupement des données et des événements

- Regroupement « et »

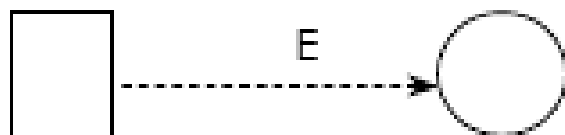


$D = D1 + D2$
D1 : donnée ...
D2 : donnée ...

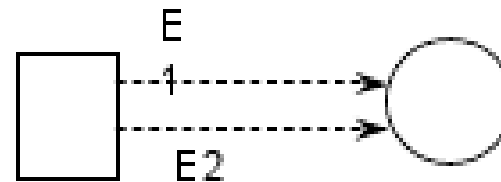


D1 : donnée ...
D2 : donnée ...

- Regroupement « ou »



$E = [E1 | E2]$
E1 : événement ...
E2 : événement ...



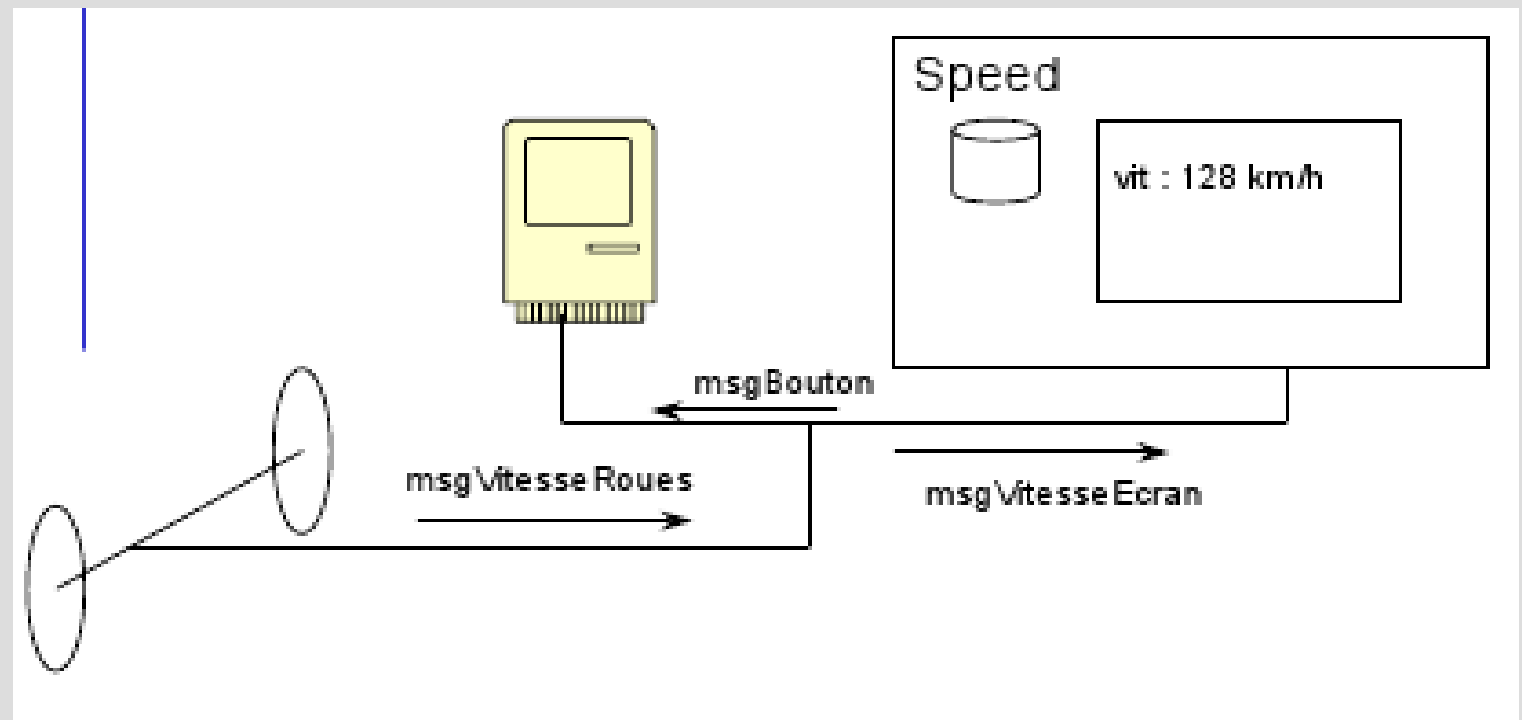
E1 : événement ...
E2 : événement ...

SA-RT

Diagramme de contexte: exemple

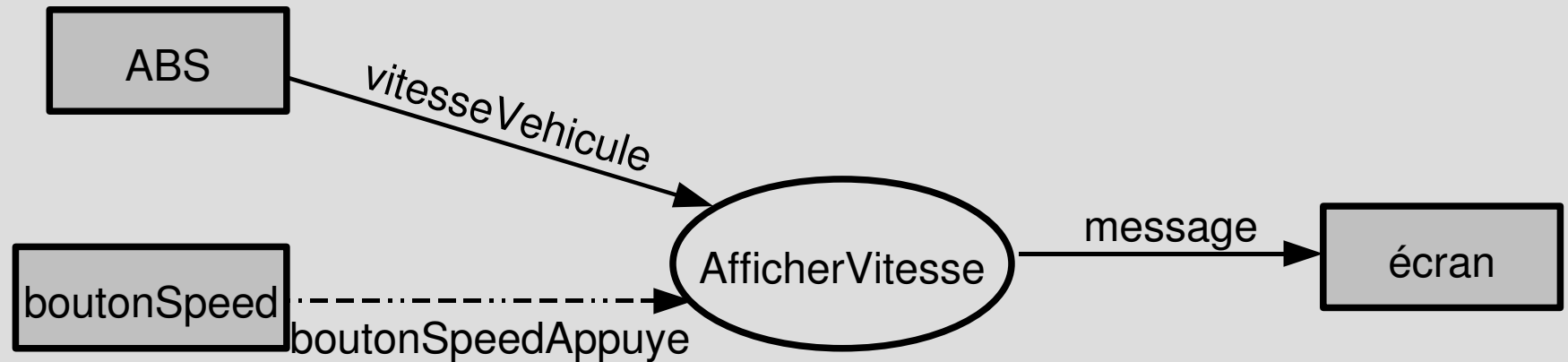
Cahier des charges

afficher la vitesse sur l'écran du tableau de bord lorsqu'on appuie sur le bouton « Speed »



SA-RT

Diagramme de contexte: exemple



Description des bords

ABS

capteur de vitesse lié à l'ABS

boutonSpeed

bouton situé en haut à droite sur le tableau de bord, label "Speed"

ecran

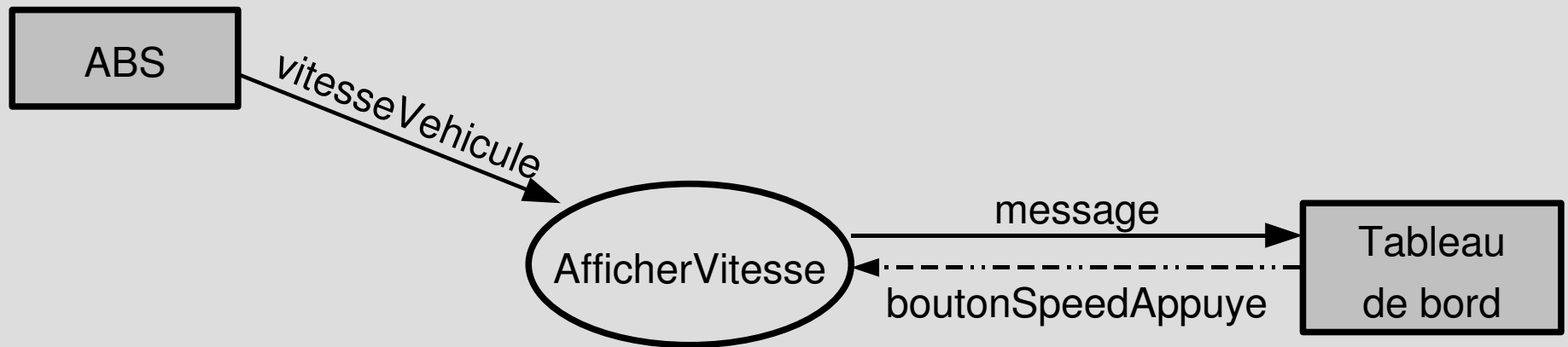
écran LCD 5 lignes (de 0 en haut à 4 en bas), 16 colonnes (de 0 à 15 de gauche à droite)

Dictionnaire de données

vitesseVehicule : vitesse du véhicule, type : réel, intervalle : [0.0,200.0], unité : km/h

boutonAppuyé : le bouton est appuyé

message : chaîne de 16 caractères (n° colonne)



Description des bords

ABS

capteur de vitesse lié à l'ABS

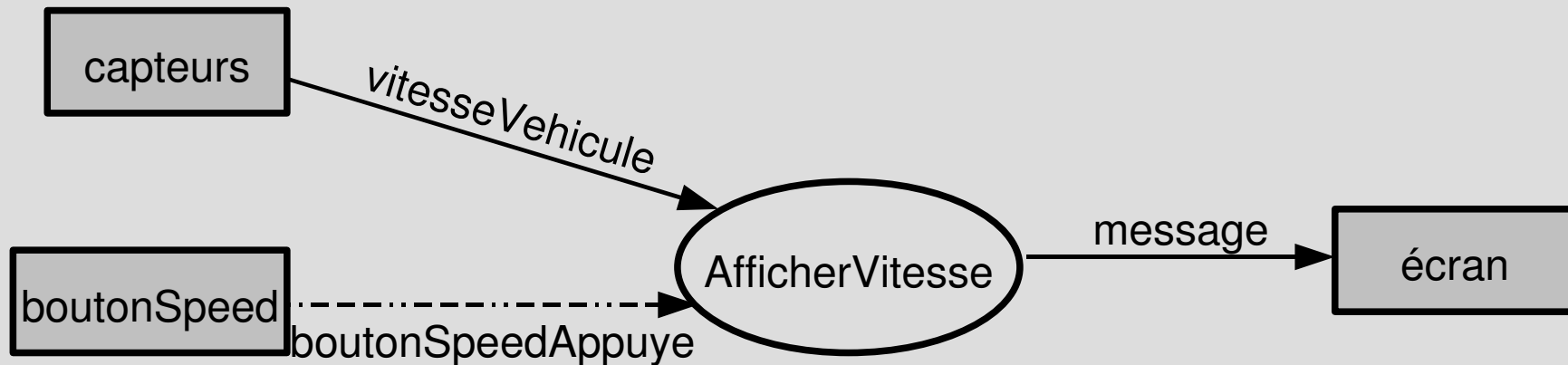
Tableau de bord

boutonSpeed : bouton situé en haut à droite sur le tableau de bord, label "Speed"

écran : écran LCD 5 lignes (de 0 en haut à 4 en bas), 16 colonnes (de 0 à 15 de gauche à droite)

SA-RT

Diagramme de contexte: exemple



Description des bords

Capteurs

ABS de la roue droite et ABS de la roue gauche

Dictionnaire de données

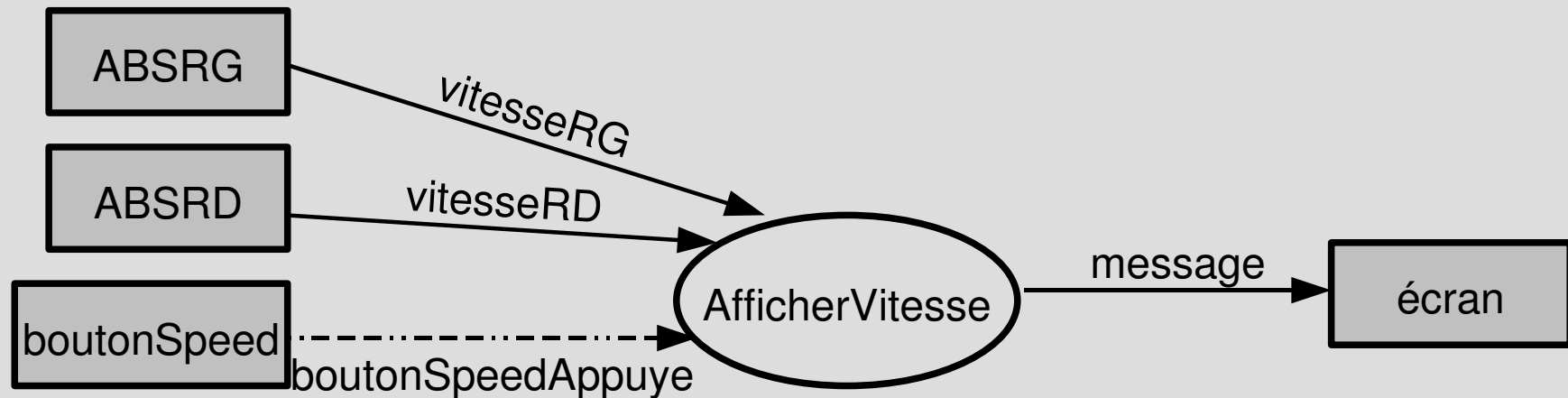
vitesseVehicule : VitesseRG + VitesseRD

VitesseRG : vitesse de la roue gauche, type : réel, intervalle : [0.0,200.0], unité : km/h

VitesseRD : vitesse de la roue droite, type : réel, intervalle : [0.0,200.0], unité : km/h

SA-RT

Diagramme de contexte: exemple



Description des bords

ABSRG

ABS de la roue gauche

ABSRD

ABS de la roue droite

Dictionnaire de données

VitesseRG : vitesse de la roue gauche, type : réel, intervalle : [0.0,200.0], unité : km/h

VitesseRD : vitesse de la roue droite, type : réel, intervalle : [0.0,200.0], unité : km/h

SA-RT

Diagramme de contexte: conclusion

- **Lisibilité**
 - Regroupements
 - Nommage
- **Choix de représentation**
 - Peuvent être différents
 - Homogénéité

PLAN

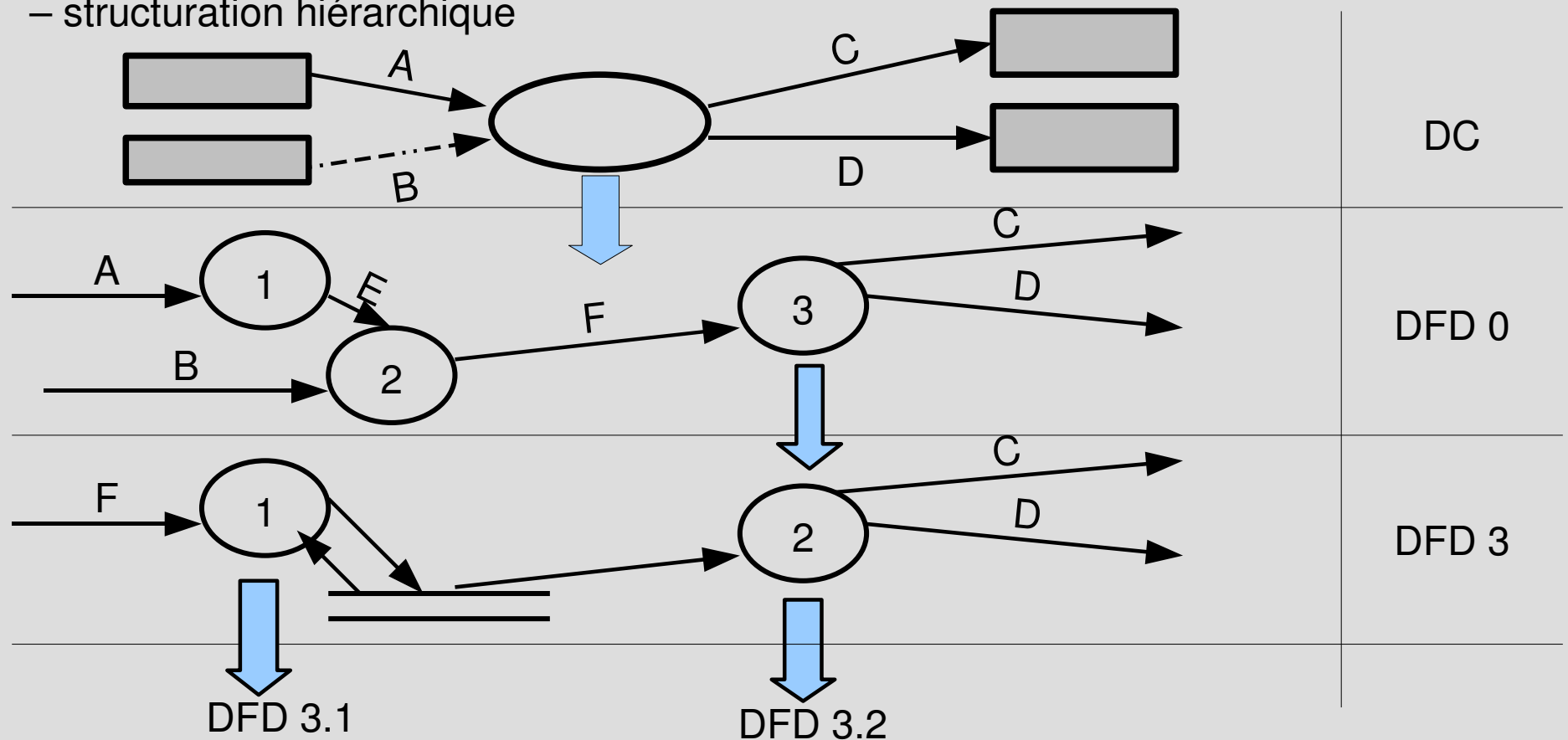
- Diagramme de contexte
- **Analyse SA**
- Analyse RT
- Méthodologie
- Architecture matérielle
- Exemple

SA-RT

Diagramme de Flot de Données (DFD)

• Définition

- associé à un processus de transformation de donnée
 - le premier est associé au processus défini dans le diagramme de contexte
- structuration hiérarchique

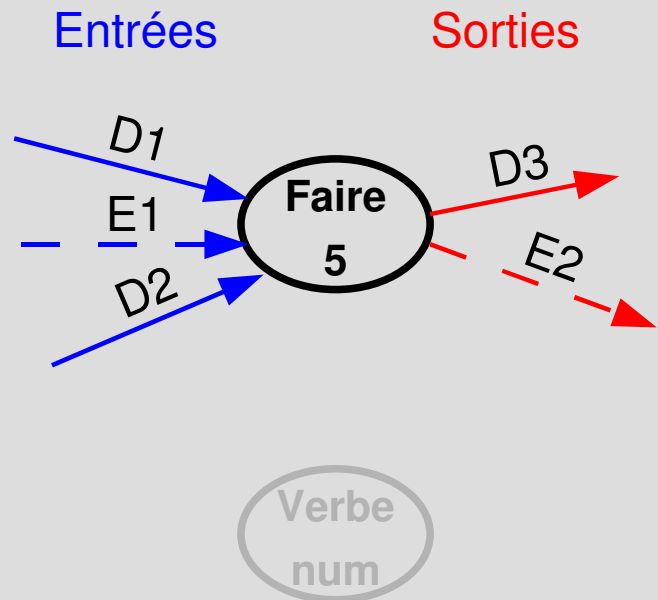


SA-RT

Diagramme de Flot de Données (DFD)

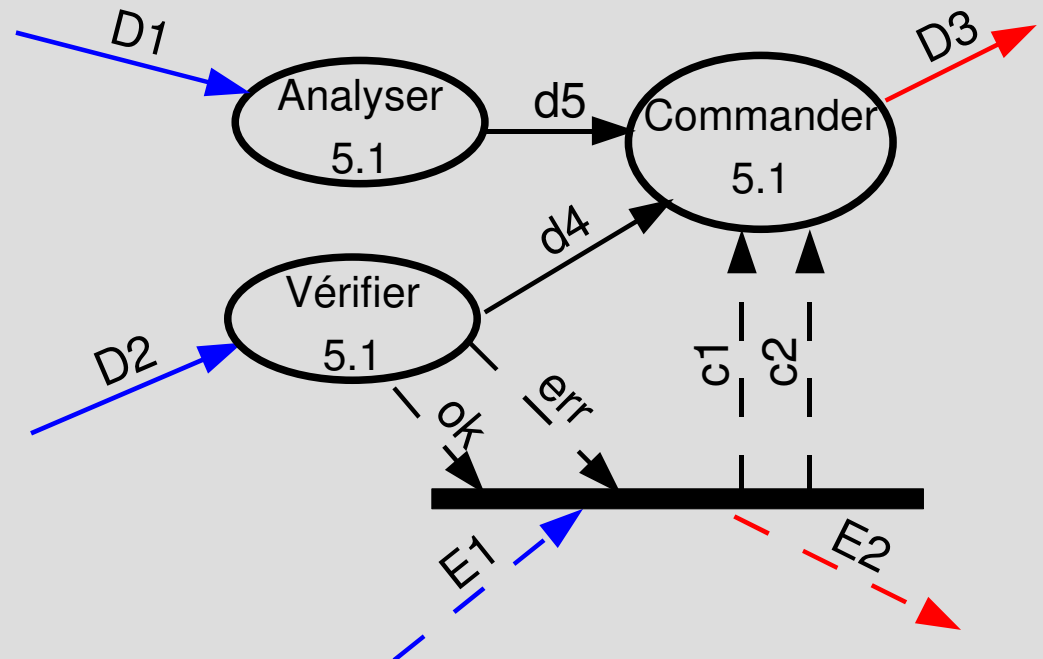
Processus de transformation de données

Vue « boîte noire »
« signature » de l'action Faire



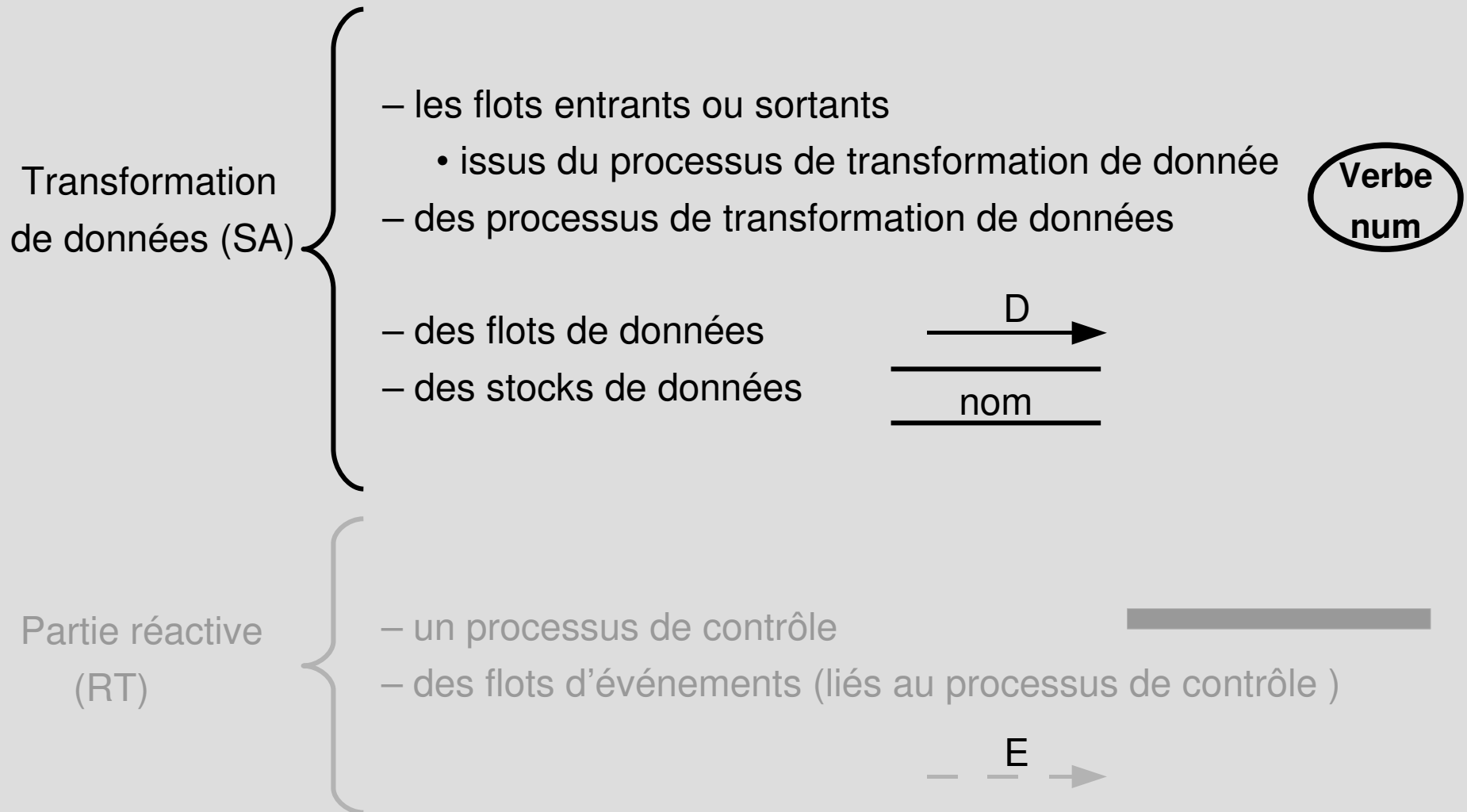
DFD associé à Faire

Vue « boîte blanche »
« corps » de l'action Faire



SA-RT

Diagramme de Flot de Données (DFD)



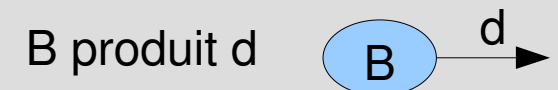
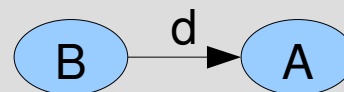
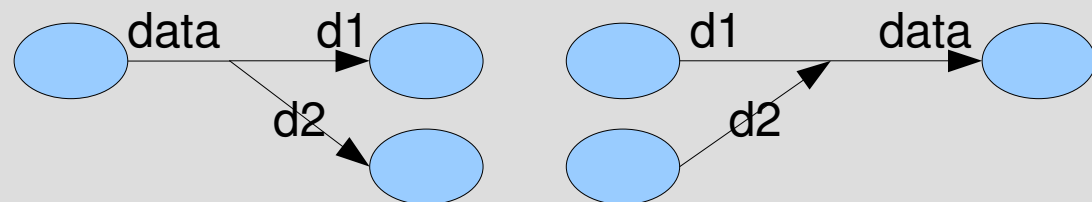
SA-RT

DFD: Processus de transformation de données / Les données

- Représentation
 - symbole graphique
 - Spécification informelle
 - Non obligatoire
 - Verbe
 - Pour une action, une fonction
 - numéro
 - 0 : diagramme de contexte
 - 1..n : processus



- Dictionnaire de donnée
 - Cf. ci-avant
- Regroupement / Découpage
 - Cf. ci-avant
- Logique flot de donnée

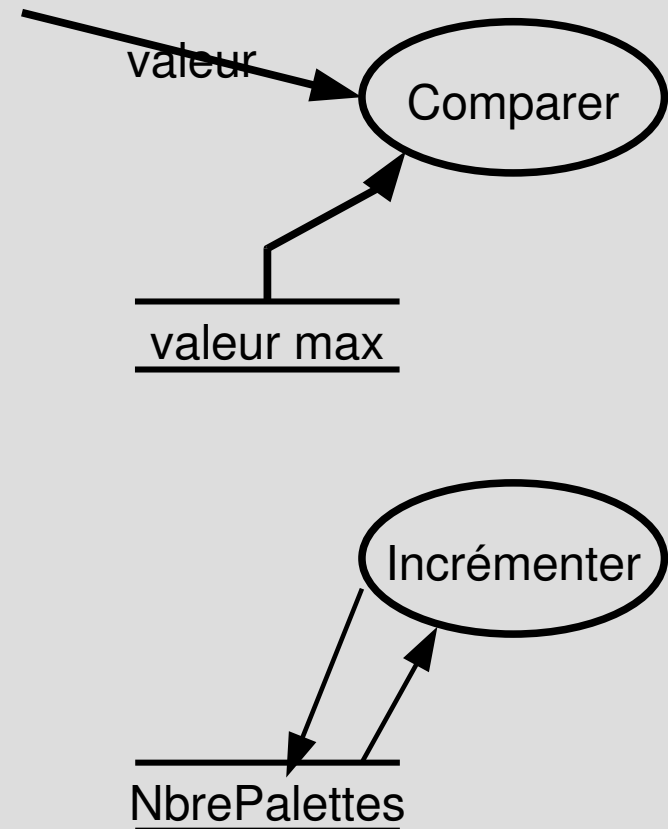


~~B envoie d~~

SA-RT

DFD: Les Stocks des données

- Les constantes
 - Données numériques
 - Messages utilisateurs
- Les informations à modifier
 - Numéros, tables, compteurs, ...
- Un stock de donnée n'est pas
 - une variable de programmation
 - un flot de donnée
- Description : idem données



SA-RT

DFD: Type de Processus de transformation de données

- Traiter des entrées

- Conditionner
- Filtrer
- Analyser
- Décoder
- Interpréter

- Opérations

- Calculer
- Evaluer

- Traiter des sorties

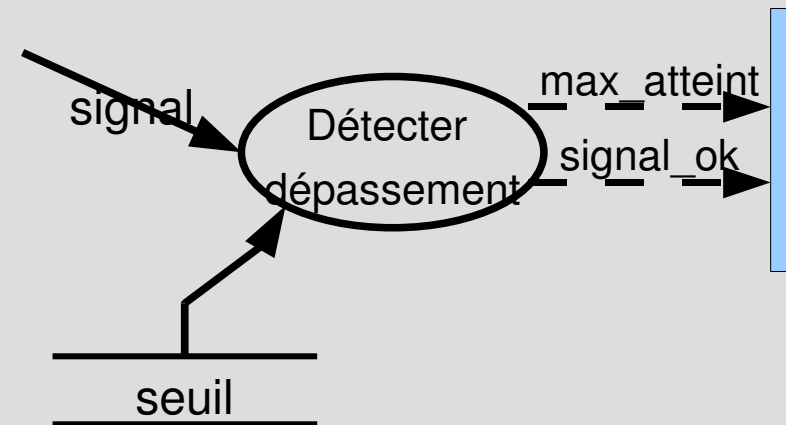
- Formater
- Commander
- Lisser
- Afficher

- Gestion d'une fonctionnalité

- Surveiller
- Vérifier
- Stocker
- Compter

- Gestion d'un équipement

- Gérer Robot, etc.



- **Processus primitif**

- DFD non nécessaire

- le processus est déjà spécifié

- fonction connue
- spécifié dans un autre diagramme

- les sorties peuvent être évaluées en fonction des entrées

- **Pas d'information supplémentaire nécessaire**

- **Évaluation simple**

- **Pas d'événement en entrée**

- Exemple

SA-RT

DFD: Processus de primitif

- **spécification procédurale**

```
IN : signal, seuil
    OUT : Signal_OK ,Max_atteint
    si (signal > seuil)
        alors Max_atteint émis
    sinon Signal_OK émis
    fin si
```

- **spécification par précondition/postcondition**

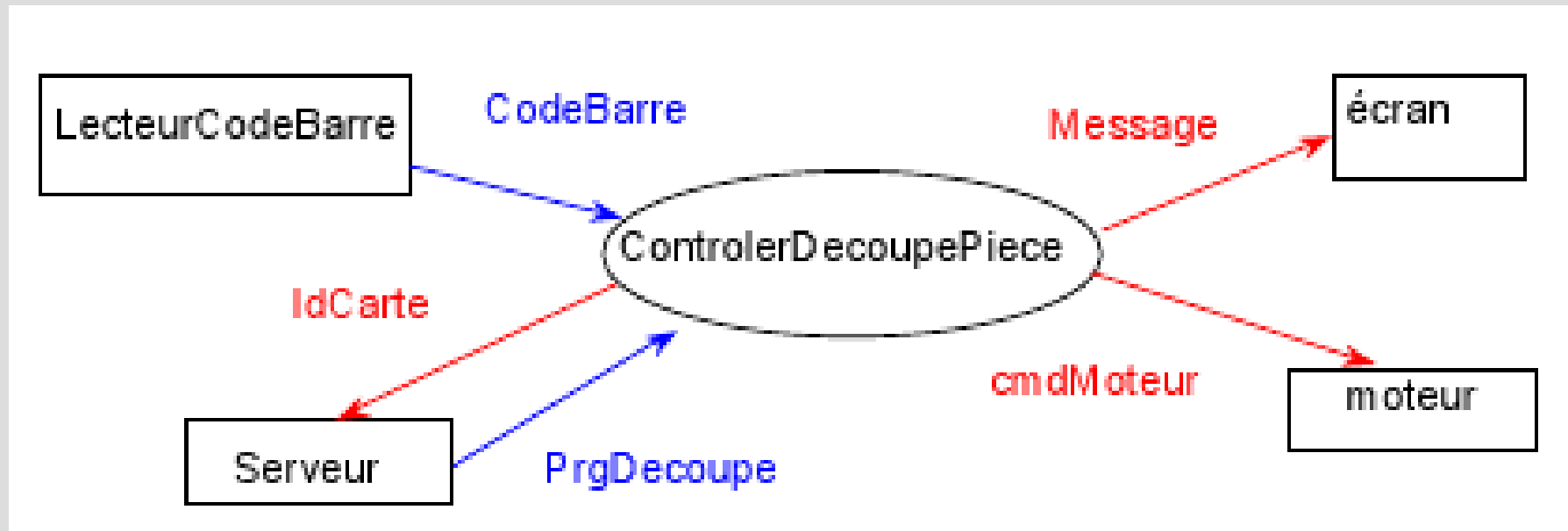
```
précondition 1 : signal
précondition 2 : seuil
postcondition :
    signal > seuil et
Max_atteint émis
    signal ≤ seuil et
Signal_OK émis
```

- **spécification informelle (à éviter)**

```
Signal_OK émis lorsque signal est inférieur à seuil,
Max_atteint sinon
```

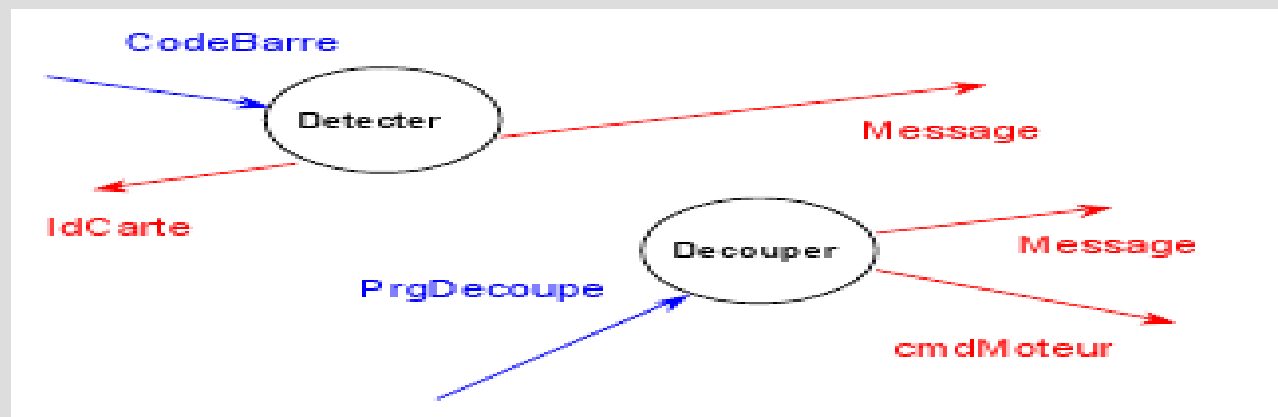
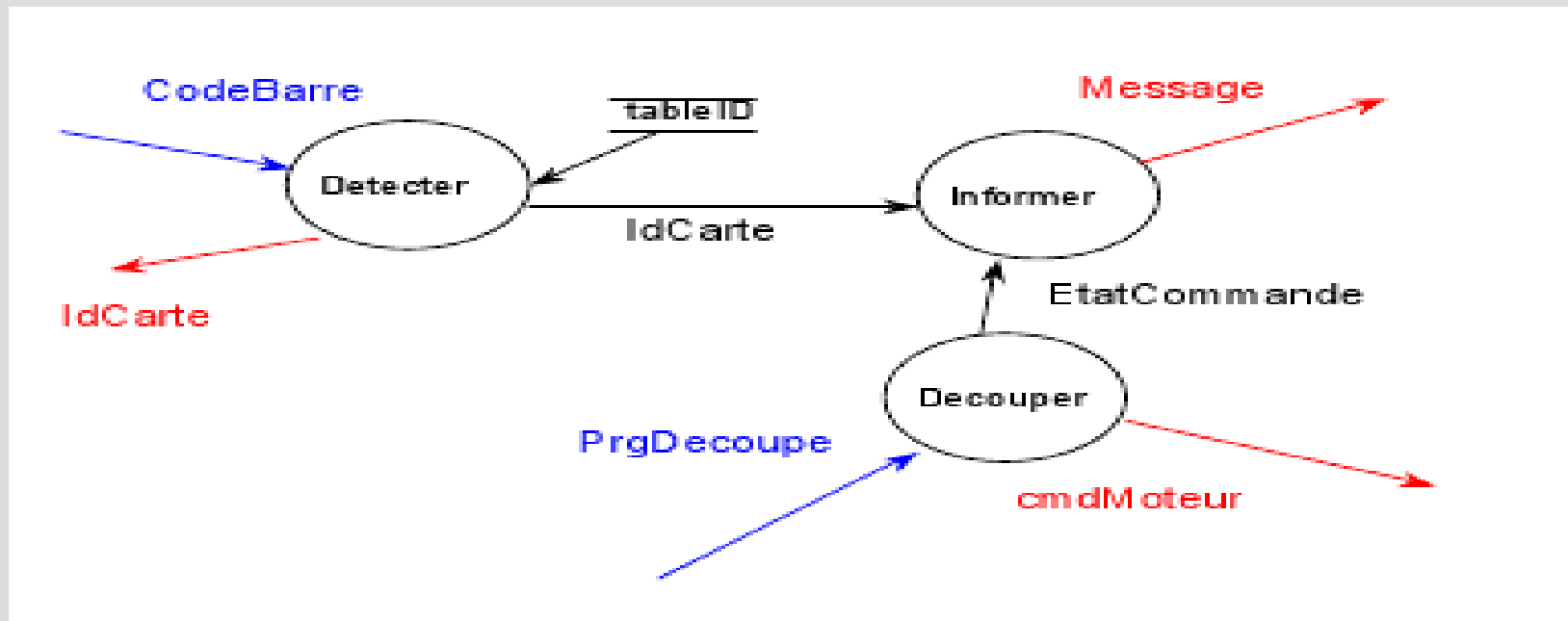
SA-RT

DFD: Exemple de décomposition



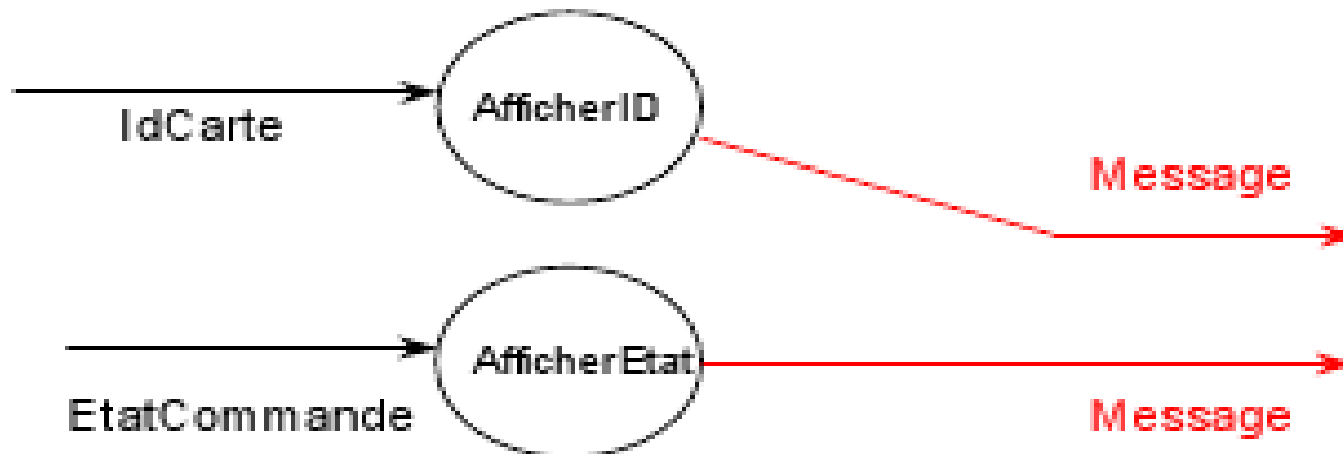
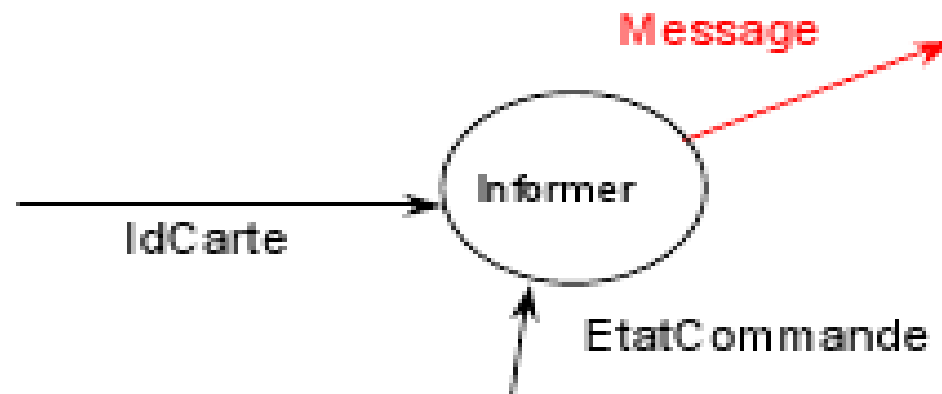
SA-RT

DFD: Exemple de décomposition



SA-RT

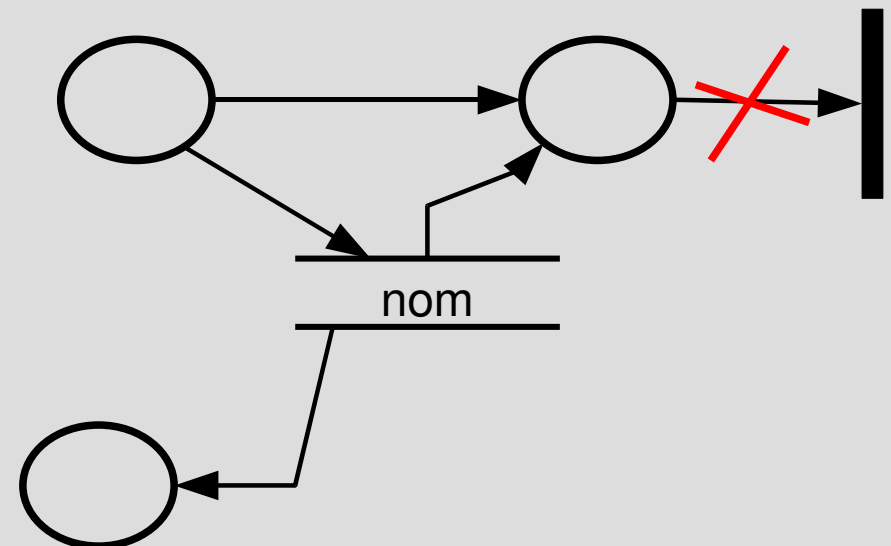
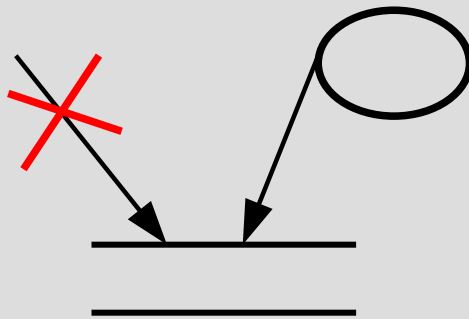
DFD: Exemple de décomposition



SA-RT

DFD: Règles de représentation

- Egalité des flots entrants et sortants : processus associé / DFD
- DFD
 - processus : les actions et les fonctions du système
 - Des stocks de données : les constantes, les données du problème
 - Un seul processus de contrôle : la synchronisation des processus



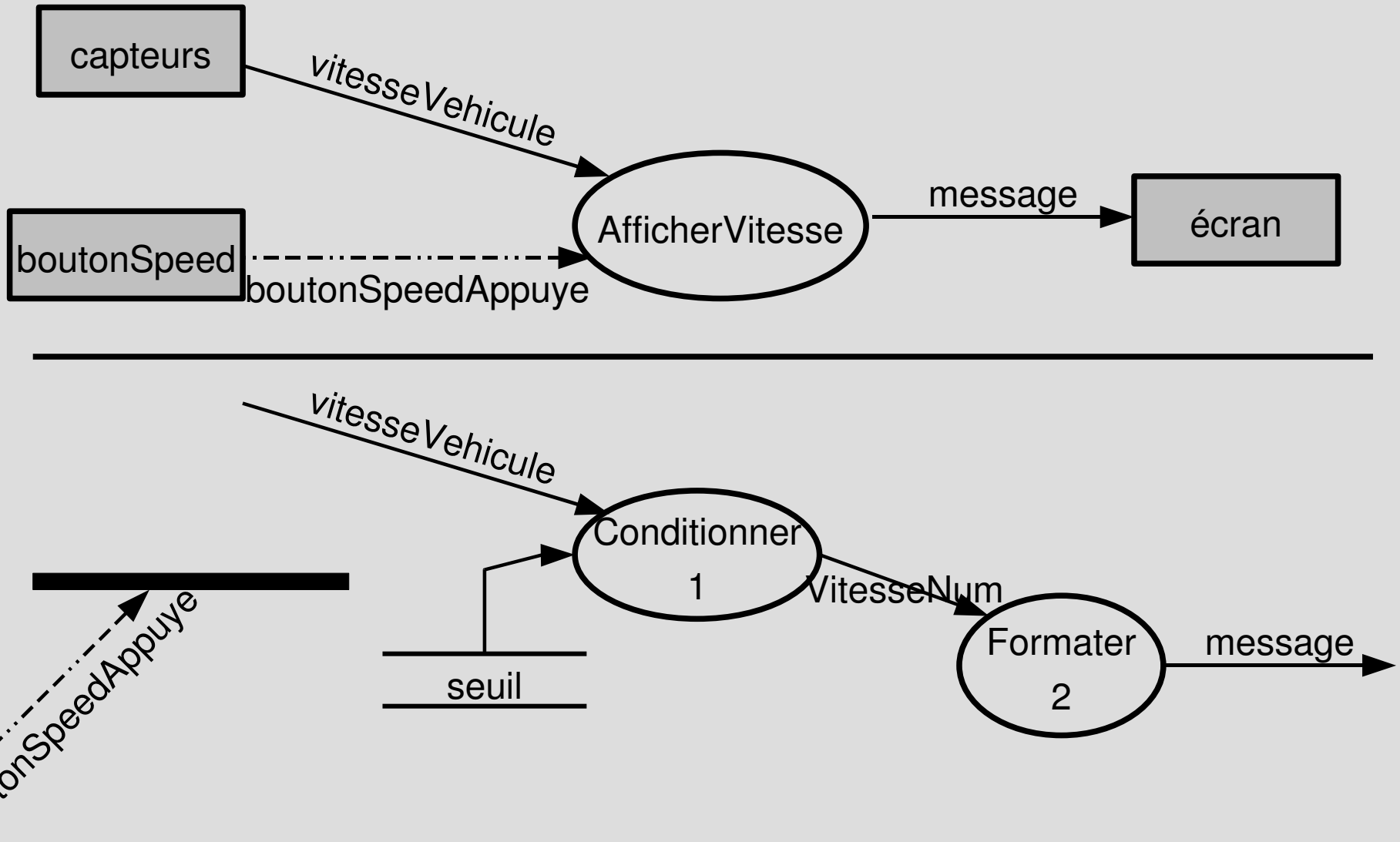
SA-RT

DFD: Règles de décomposition

- Trouver les processus
 - Suivre des scénarios
 - Associer un processus à chaque donnée entrante et à chaque donnée sortante
 - Décomposition (filtrer / analyser) → (Traiter) → (restituer / formater)
 - Un processus par entité à contrôler
- Limiter le nombre de processus par niveaux
 - 5/6 au maximum
 - Regroupement logique
 - Plus de niveaux si nécessaire
- Masquer les stocks de données
 - Représenter uniquement les données partagées à un niveau
 - Constantes proches des processus primitifs
- Nommer correctement les processus
- Plusieurs stratégies possibles
 - Règles informelles

SA-RT

DFD: Exemple



SA-RT

DFD: Exemple

Processus primitifs

Conditionner

si vitesseVehicule \geq seuil VitesseNum = seuil sinon vitesseNum = int(vitesseVehicule)

Formater

message(ligne N° 1, à partir de la position 0) sur 14 caractères:

vit " " : " " VitesseNum sur 3 caractères " " km/h

" ": un espace; si VitesseNum sur moins de 3 caractères, on ajoute des espaces avant pour faire 3 caractères

Dictionnaire de données

Seuil : vitesse maximale affichée, réel, 150.0 km/h

VitesseNum : vitesse échantillonnée sur 2 octets, entier, [0,150], km/h

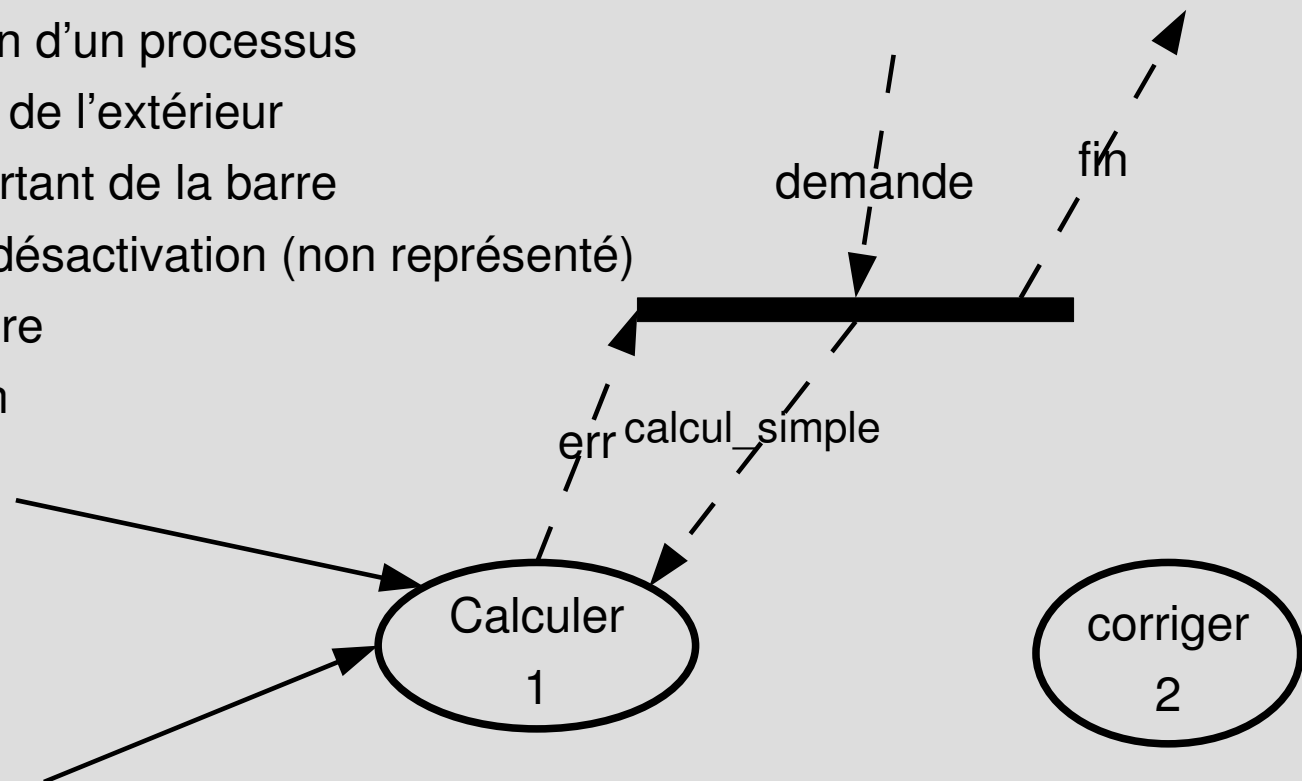
PLAN

- Diagramme de contexte
- Analyse SA
- **Analyse RT**
- Méthodologie
- Architecture matérielle
- Exemple

SA-RT

DFC: Processus de contrôle

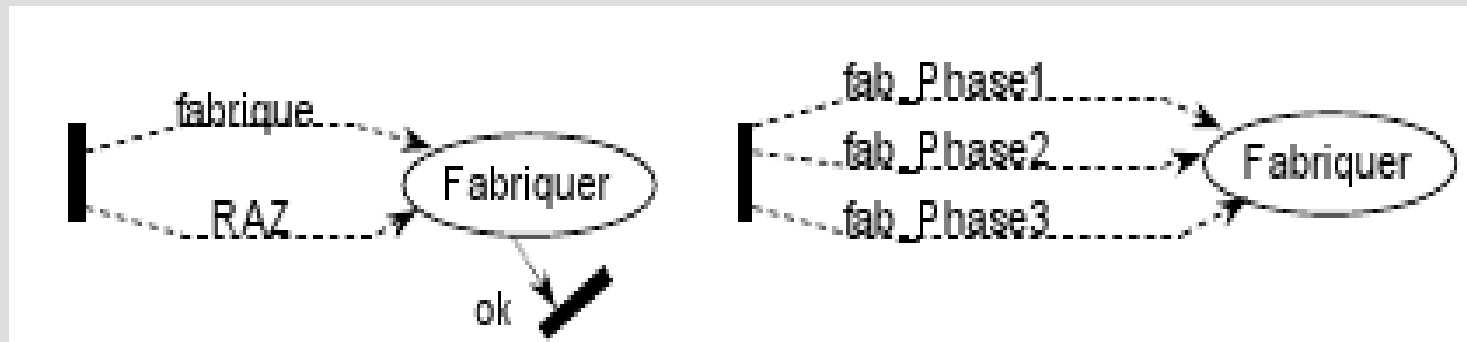
- Découplage fonctionnel / événementiel
- Gestion centralisée par DFD de la synchronisation des processus
 - Processus de contrôle
- événement entrant sur la barre
 - signalisation d'un processus
 - événement de l'extérieur
- événements sortant de la barre
 - activation / désactivation (non représenté)
 - actions à faire
 - signalisation



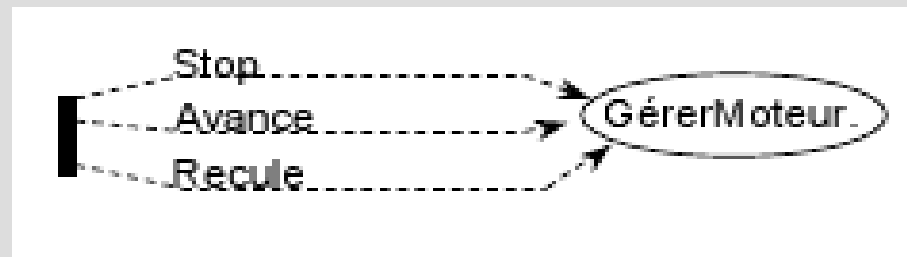
SA-RT

DFC: Les événements

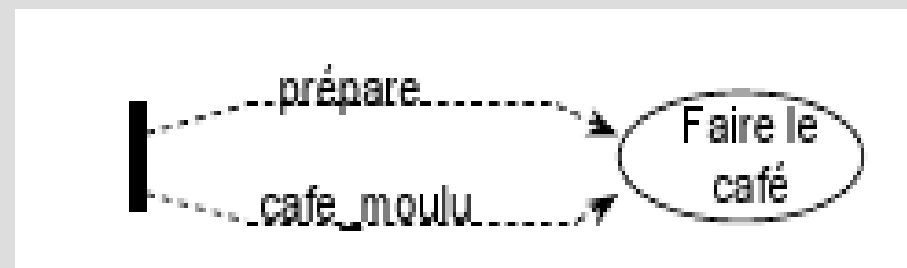
- Décomposition en sous actions



- Liste d'ordres



- Signalisation



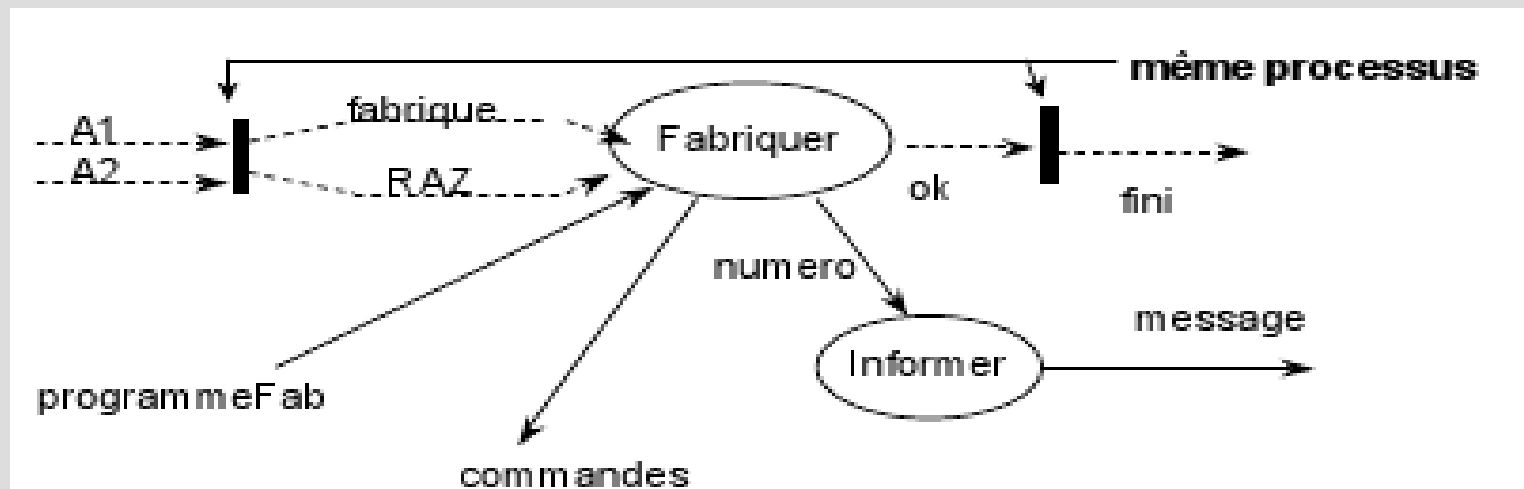
SA-RT

DFC: les événements et le processus de contrôle

- Activation de processus primitif
– activation non représentée



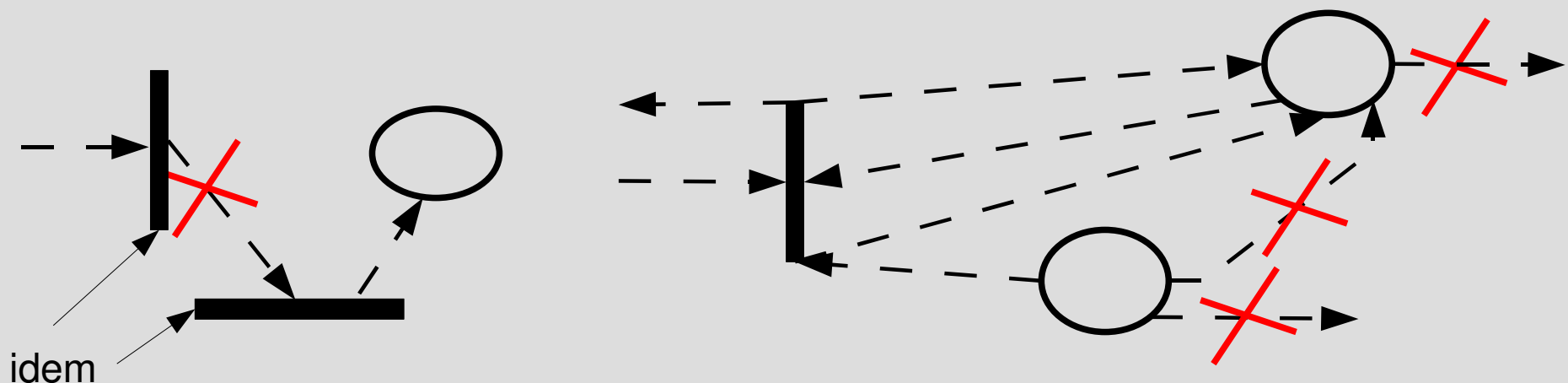
- un seul processus de contrôle



SA-RT

DFC: les événement et le processus de contrôle

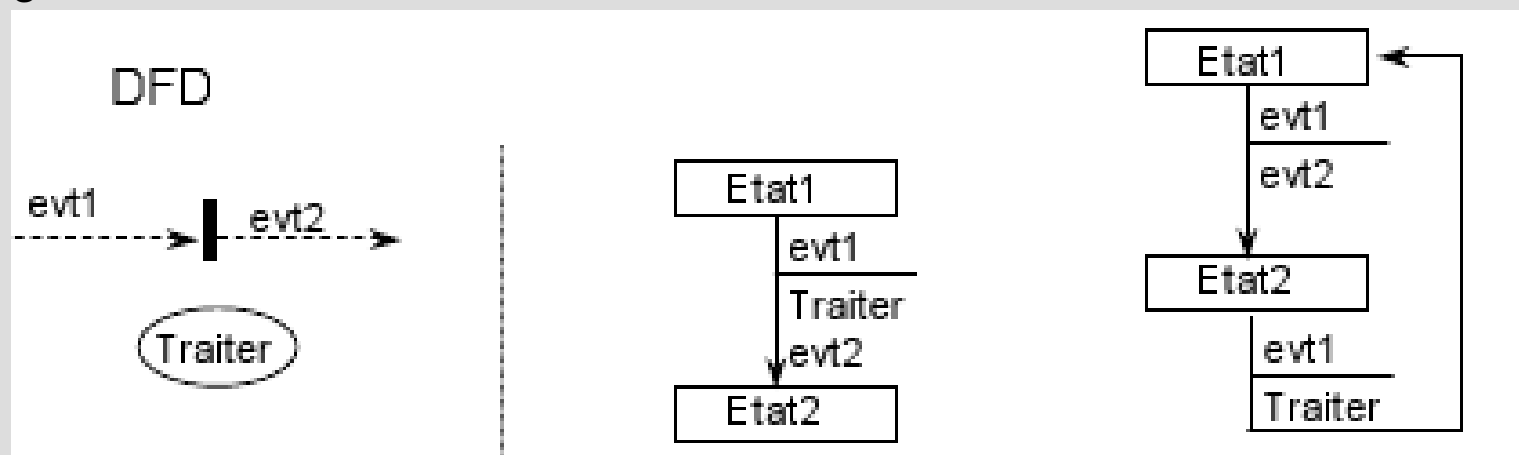
- Égalité des flots entrants et sortants : DFD / processus associé
- Un seul processus de contrôle
 - synchronisation des processus
 - Tout événement passe par le processus de contrôle



SA-RT

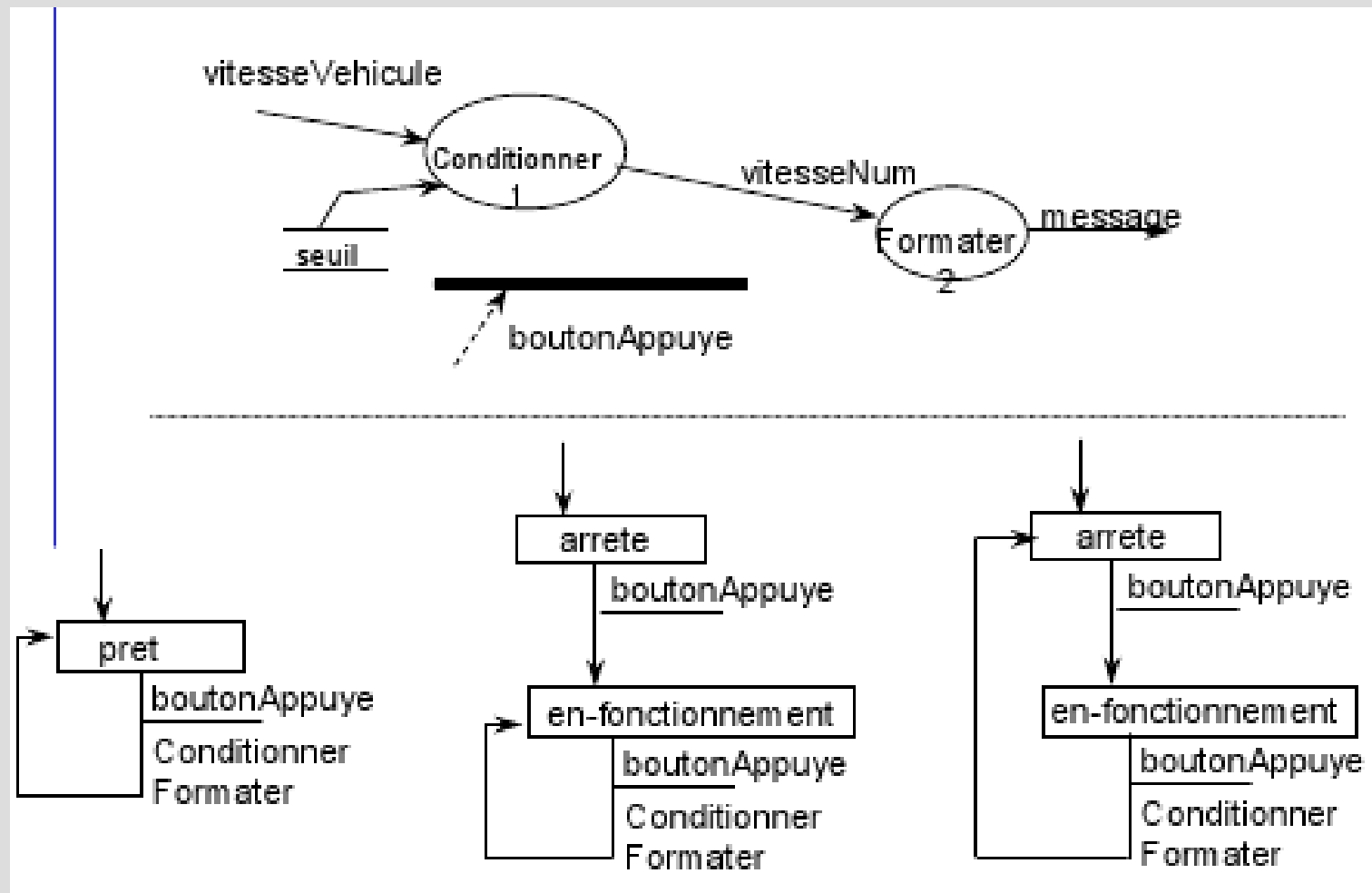
Diagramme état-transition

- 1 DFD \Leftrightarrow 1 processus de contrôle \Leftrightarrow 1 diagramme état-transition
- Association
 - état - événement - action/signalisation
- Sens
 - Il est arrivé ceci : evt1
 - je suis dans un état : Etat1
 - je change d'état : Etat2
 - je peux activer un processus : Traiter
 - je peux signaler : evt2



SA-RT

Diagramme état-transition: exemple



SA-RT

Diagramme état-transition: états/transitions

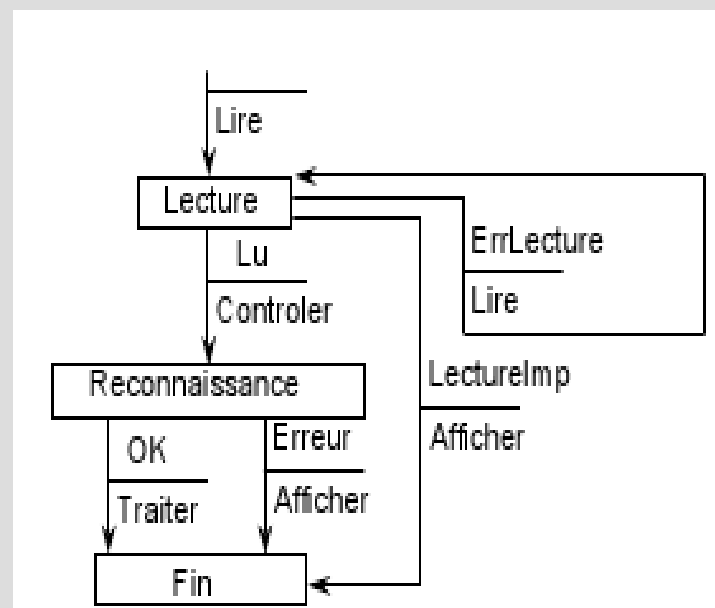
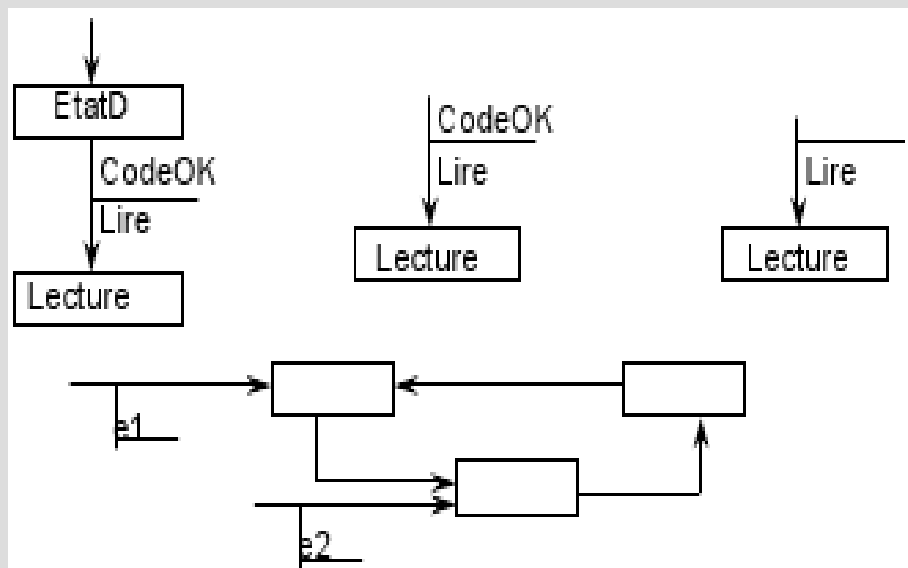
A un instant donné

- le DFD est dans un état et un seul

Un ou plusieurs états de départ

Transitions

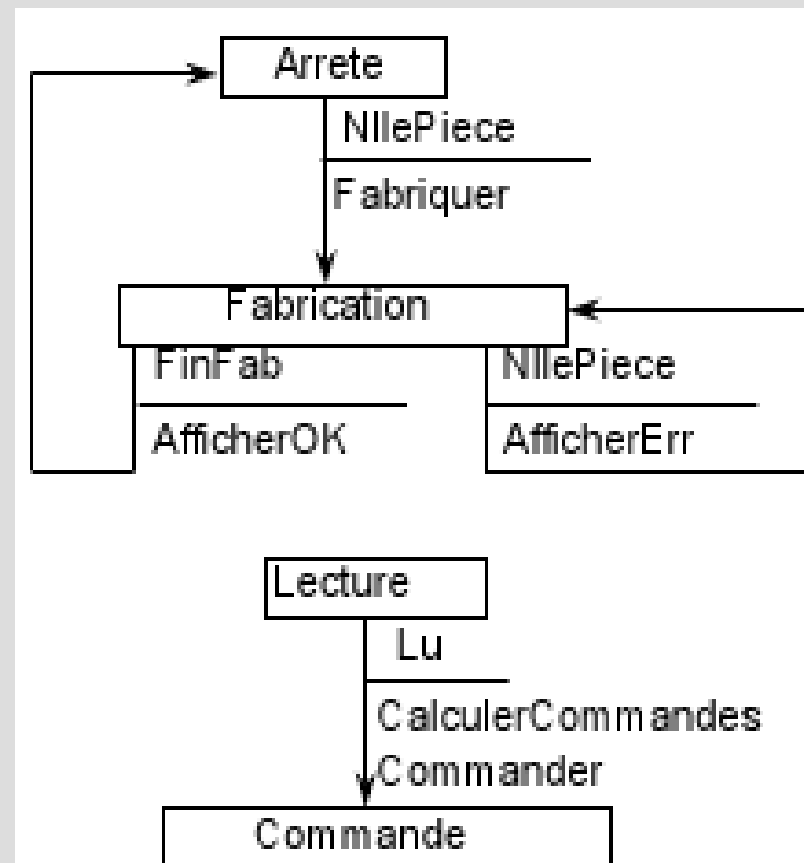
- revenir dans le même état
- plusieurs transitions sortent du même état
- plusieurs transitions entre deux états



SA-RT

Diagramme état-transition: activation

- Activations
 - un même événement ne déclenche pas toujours la même action
 - plusieurs actions activées



SA-RT

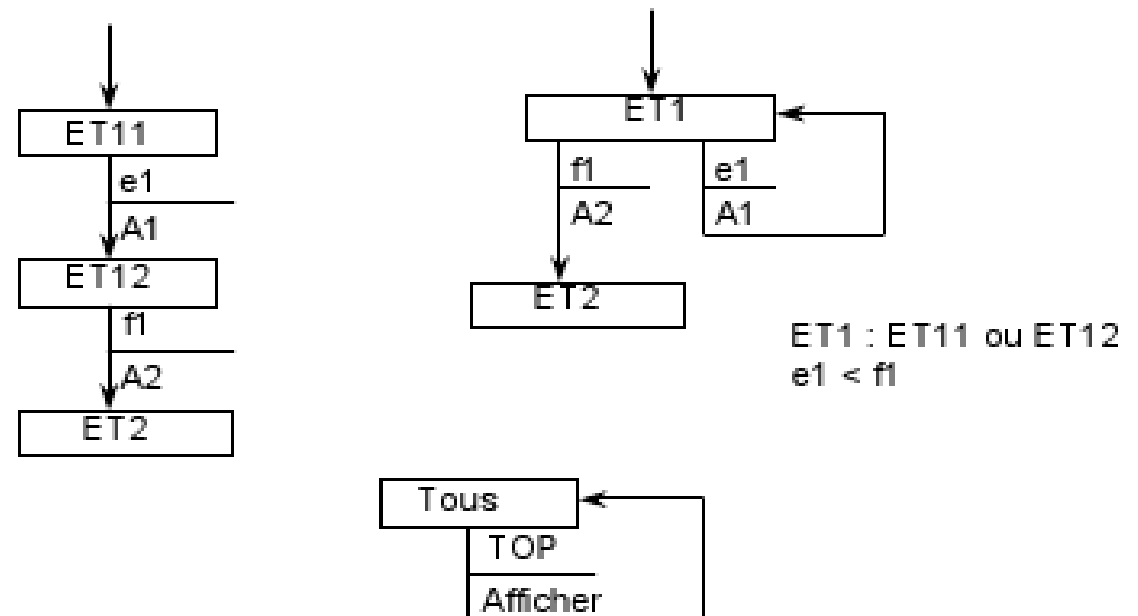
Diagramme état-transition: stratégie modélisation

- Identifier les modes de fonctionnement
 - Marche, maintenance, ...
 - Relier les états
- Décrire le cycle de vie
 - Prêt -> initialisé -> enFonctionnement -> RAZ -> initialisé
- Suivre un scénario
 - A chaque nouvel événement : un « nouvel » état
- Se baser sur les états minimaux
 - Moins d'état mais perte d'information
 - Un état n'est utile au sens du comportement que si pour 2 événements distincts, il déclenche des événements distincts
- Plusieurs stratégies possibles
 - Nommage des états
 - Compromis exhaustivité / lisibilité

SA-RT

Diagramme état-transition: principe de modélisation

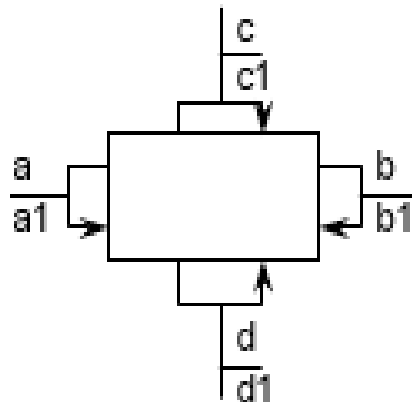
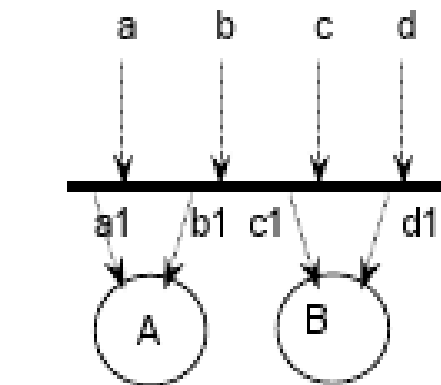
- Dans chaque état
 - Décrire la réaction à tout événement possible
- Un événement non attendu
 - Est perdu : événement discret (start)
 - Est sauvegardé : événement continu (trop chaud)
- Diagramme trop compliqué
 - reprendre le découpage des DFD
 - regroupement d'états



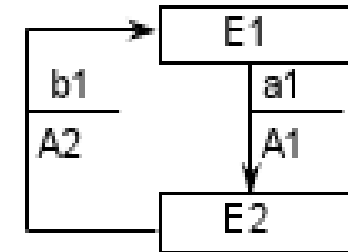
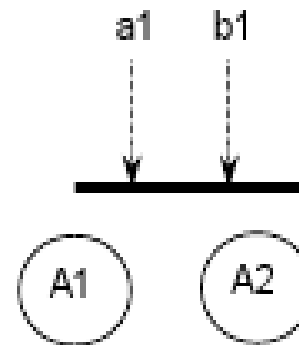
SA-RT

Diagramme état-transition: principe de modélisation

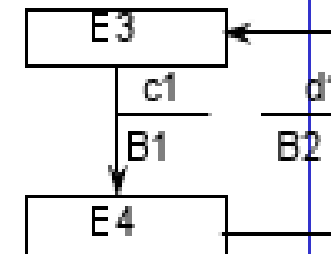
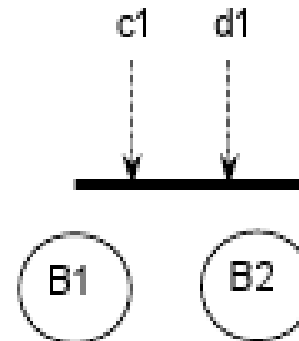
- Décomposer



DFD de A



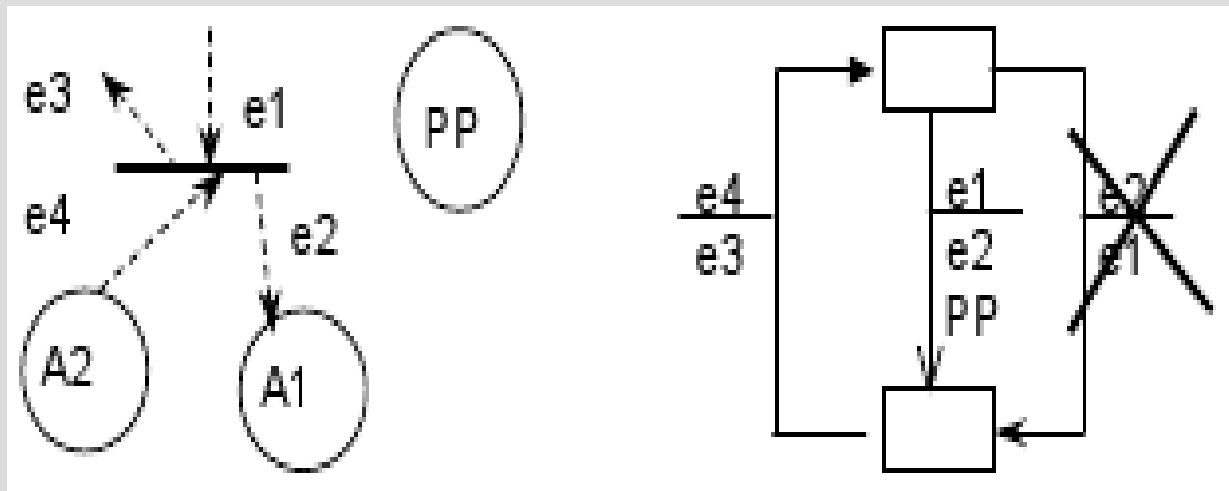
DFD de B



SA-RT

Diagramme état-transition: règles de modélisation

- tout événement entrant dans le processus de contrôle
 - déclenche au moins une transition
 - ne peut pas être généré par le diagramme état-transition
- tout événement sortant de la barre de contrôle
 - est au moins généré une fois dans le diagramme état-transition
 - Ne peut pas déclencher de transition
- un événement entrant et sortant de la barre de contrôle ne peuvent pas avoir le même nom
- chaque processus primitif PP est activé au moins une fois dans le diagramme état-transition



PLAN

- Diagramme de contexte
- Analyse SA
- Analyse RT
- **Méthodologie**
- Architecture matérielle
- Exemple

SA-RT

Méthodologie

- Diagramme de contexte
 - Liste des bords
 - Données et événements échangés
 - Spécification informelle (rôle)
- Pour chaque DFD
 - représenter les données entrantes et sortantes
 - Spécification informelle
 - Trouver les processus
 - Expliciter les données échangées
 - Décrire les stocks nécessaires
- Constantes, données modifiées
- Dictionnaire de données
 - au fur et à mesure

SA-RT

Méthodologie

- Faire une analyse SA
 - découpage en sous actions
 - spécification informelle
 - données interne au DFD
- Faire une analyse RT
 - actions / sous-actions
 - besoins de synchronisation
 - diagramme état-transition en parallèle
 - Les états du système puis les transitions
 - Modélisation de scénarios puis complétude des événements
- Spécification des processus primitifs
 - Les sorties sont calculables en fonction des entrées

SA-RT

Méthodologie

- Produire un document lisible
 - Choix des noms
 - Découpage en éléments simples
 - Processus primitif : UN algorithme
 - Décomposition guidée par la présentation
 - Plusieurs niveaux si nécessaire
- Produire un document complet et cohérent
 - Dictionnaire de données
 - Vérifier les flux entrants et sortants (DFD et processus de contrôle)
- Ne pas multiplier les descriptions
 - Choisir la bonne entité
 - Bord : élément qui communique avec le système de contrôle
 - Événement : « il s'est passé quelque chose »
 - Données : « information sur laquelle on peut faire des calculs »
 - Processus : la structuration / décomposition
 - Processus primitifs : les opérations sur les données
 - Réaction aux événements : diagramme état/transition

SA-RT

Conception

- Objectifs
 - Exécution des actions selon les besoins exprimés
- Activités du concepteur
 - Choix ou adaptation à une architecture matérielle
 - Mise en place des pilotes
 - Échanges de données et protocoles de communication
 - SART : spécification de la couche application
 - Multitâches ou cyclique
- Choix d'un OS et définition du modèle d'exécution
- Paradigmes
 - SART • un événement => une séquence d'actions
 - Multitâches
 - Tâches (priorités), protection et partage des données
 - Protocole d'exécution des actions
 - Un processus \neq une tâche, un processus primitif \approx une fonction
 - Un événement \neq un sémaphore booléen, une donnée SART \neq mbx ou variable globale
- Méthode CODARTS pour le multitâches
 - Principes informel
 - un événement extérieur : une tâche
 - événements de même fréquence : une même tâche

SA-RT

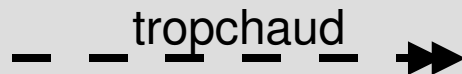
Ward / Mellor

- Hatley / Pirbhai

- Ward / Mellor



flot de donnée continue



flot de contrôle continu



activation/ désactivation



déclenchement



processus de transformation de données
numéro 2 du DFD 6.3



processus de contrôle
(numéro : premier ou dernier)

PLAN

- Diagramme de contexte
- Analyse SA
- Analyse RT
- Méthodologie
- **Architecture matérielle**
- Exemple

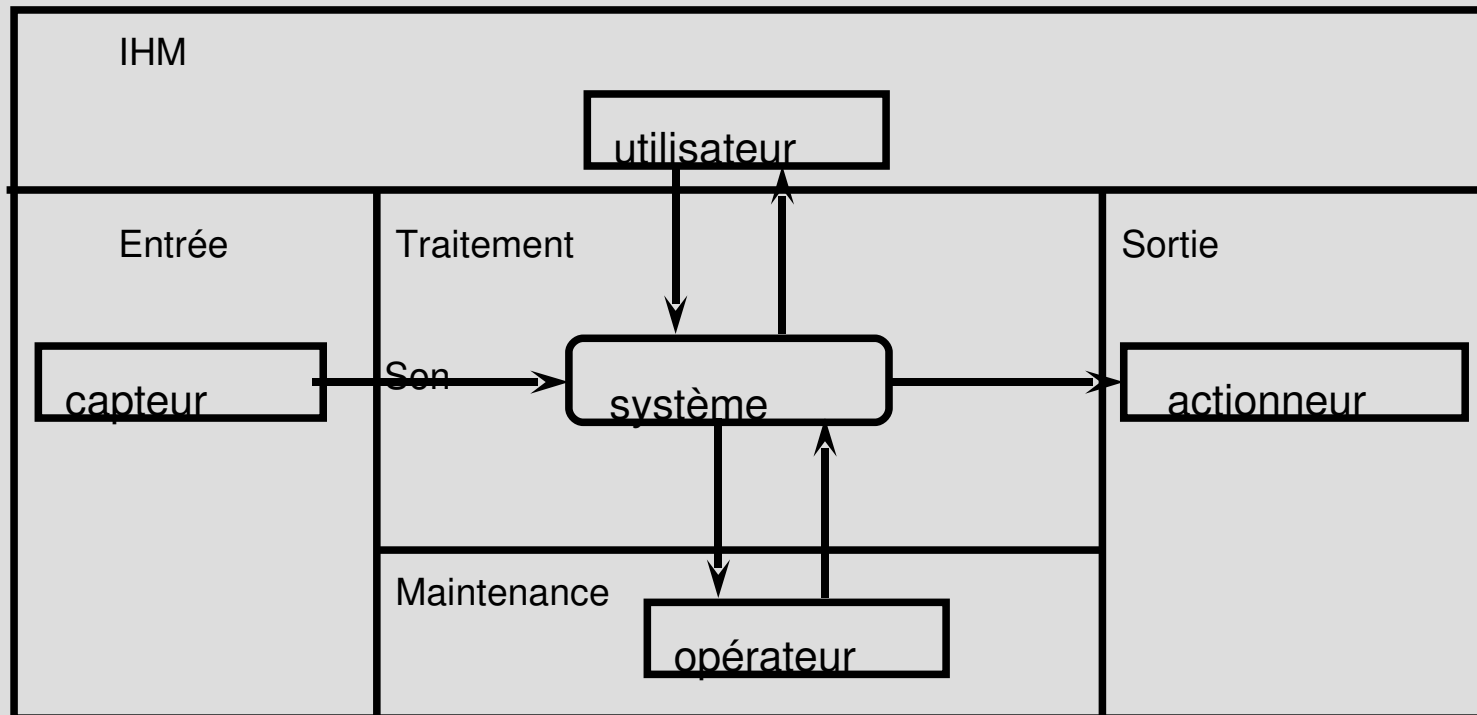
SA-RT

Architecture matérielle

- Définition de l'architecture matérielle
 - machines (unité de traitement)
 - interfaces matérielles
 - canaux de communication
- Placement
 - processus
 - données et événements
- Dimensionnement des machines
- Dimensionnement des réseaux
- Spécification des logiciels de communication

SA-RT

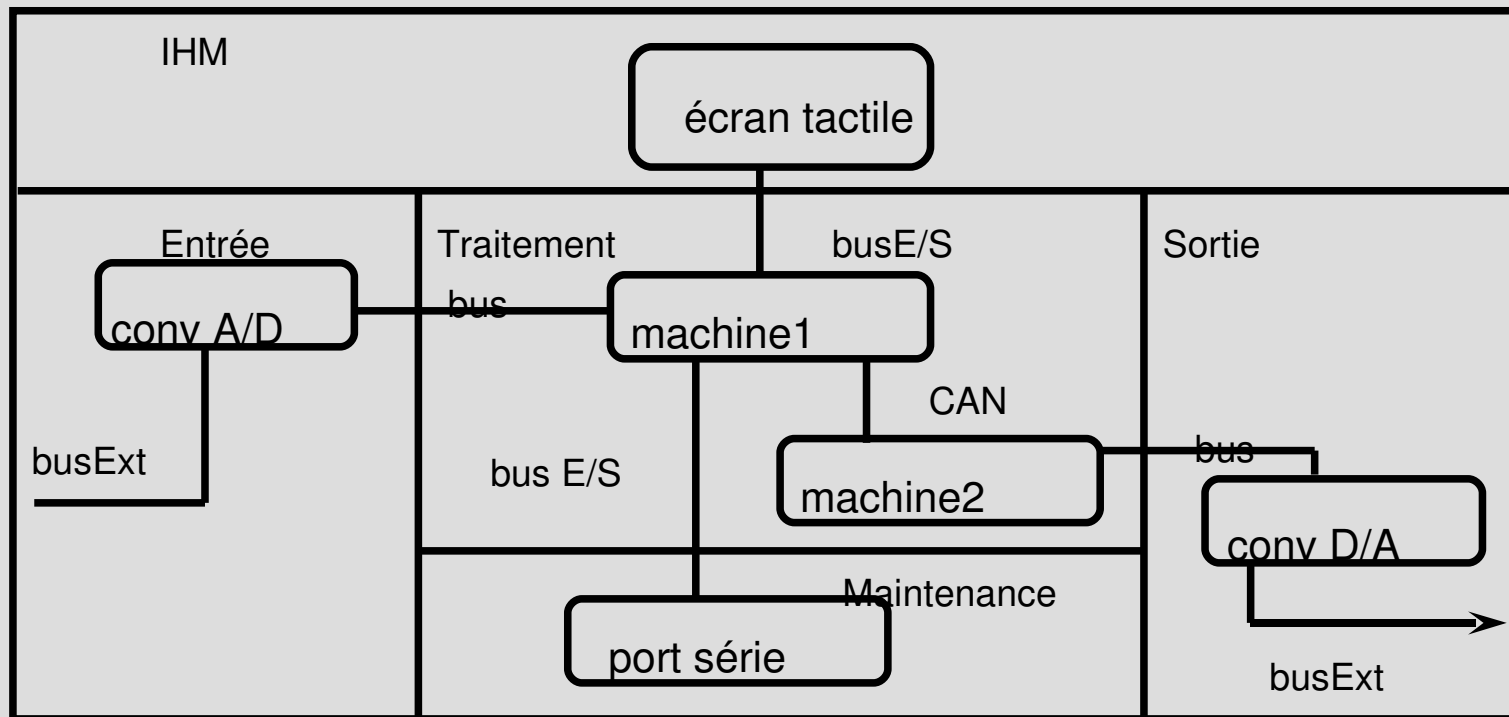
Diagramme de contexte d'architecture



- Système
 - logiciel
 - matériel

SA-RT

Diagramme d'interconnexion



- Types de lien de communication
 - bus
 - réseau
 - lien optique

SA-RT

Placement

- Processus de transformation de donnée (DFD)
 - module (machine)
- Processus de contrôle
 - module (machine)
- Données et événements entre deux modules
 - canal de communication
- Dimensionnement
 - machines
 - fonctionnalités + données
- Besoins en communication
 - pilotes
 - quantité de données échangées

SA-RT

Contraintes temporelles

- Contraintes d'activation
 - événement périodique
 - événement pseudo-périodique
 - intervalle minimum entre deux événement
 - événement sporadique
 - gigue temporelle
 - rafales
- Contraintes de délai
 - délai maximal de prise en compte d'un changement
 - délai maximal de réaction à un changement
 - Délai bout en bout
 - timeout
- Contraintes de validité

SA-RT

Conclusion

- Spécification des besoins
 - Fonctionnels
 - Réactifs
 - Matériels
 - Temps réel
- Exprimer des choix
 - Un document incomplet et difficile à lire : document inutilisable
 - Préciser la spécification
 - Complétude, correction, cohérence
 - Stratégie de représentation
 - Clarté, lisibilité

PLAN

- Diagramme de contexte
- Analyse SA
- Analyse RT
- Méthodologie
- Architecture matérielle
- **Exemple**

SA-RT

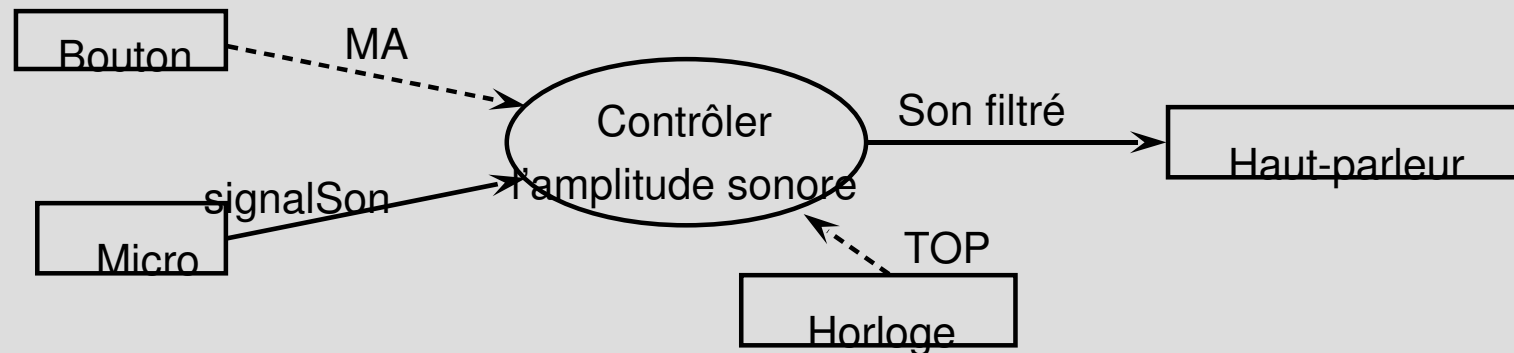
Étude de cas

- Cahier des charges
 - le logiciel scrute le son en provenance d'un micro afin de l'envoyer vers un haut-parleur. Il réduit les sons trop forts. Le logiciel fonctionne par échantillonnage (100 ms) et possède une commande marche/arrêt.
- Diagramme de contexte (Data et Contrôle)

SA-RT

Étude de cas

- Cahier des charges
 - le logiciel scrute le son en provenance d'un micro afin de l'envoyer vers un haut-parleur. Il réduit les sons trop forts. Le logiciel fonctionne par échantillonnage (100 ms) et possède une commande marche/arrêt.
- Diagramme de contexte (Data et Contrôle)



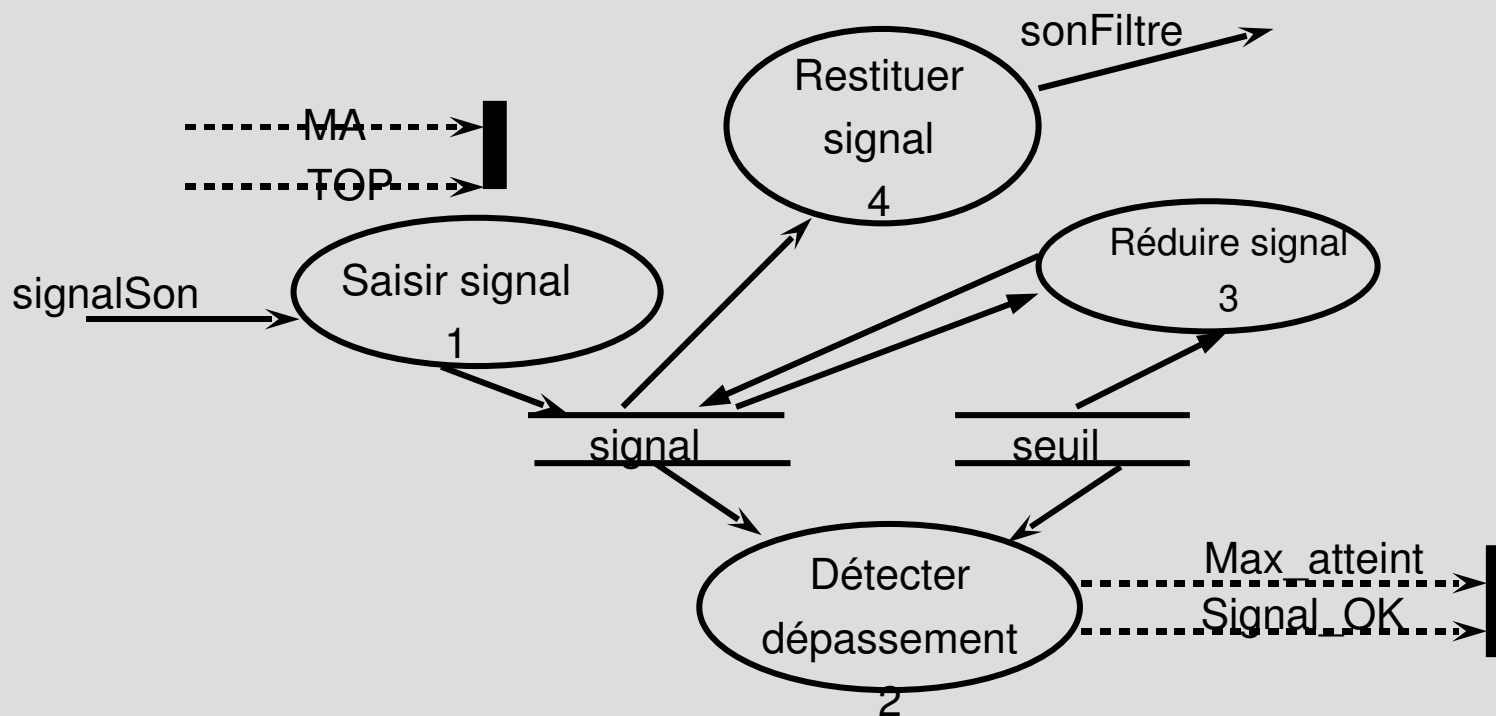
MA = [Marche | Arrêt]

TOP = * fréquence d'échantillonnage *

* type : entier, valeur : 100, unité : ms *

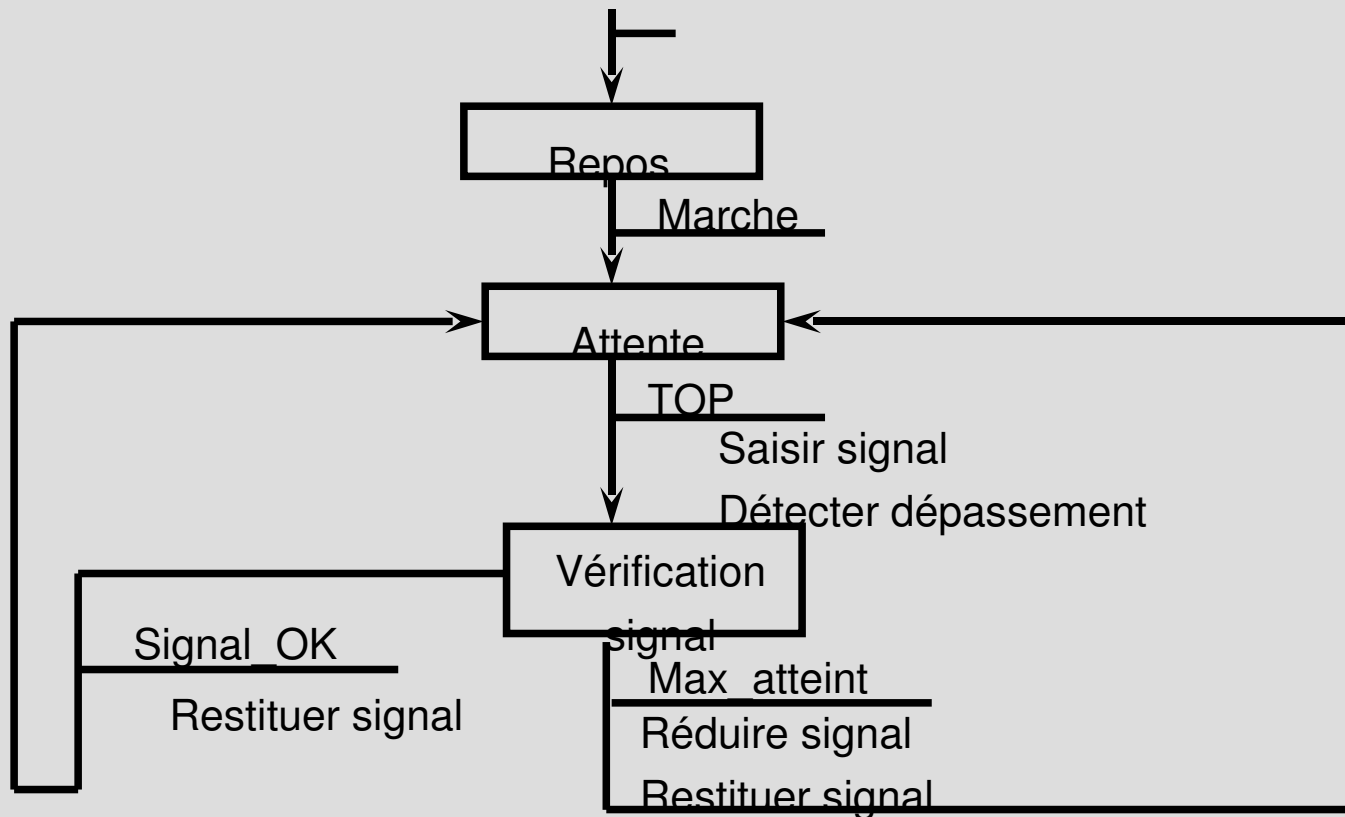
SA-RT

Étude de cas: DFD 0



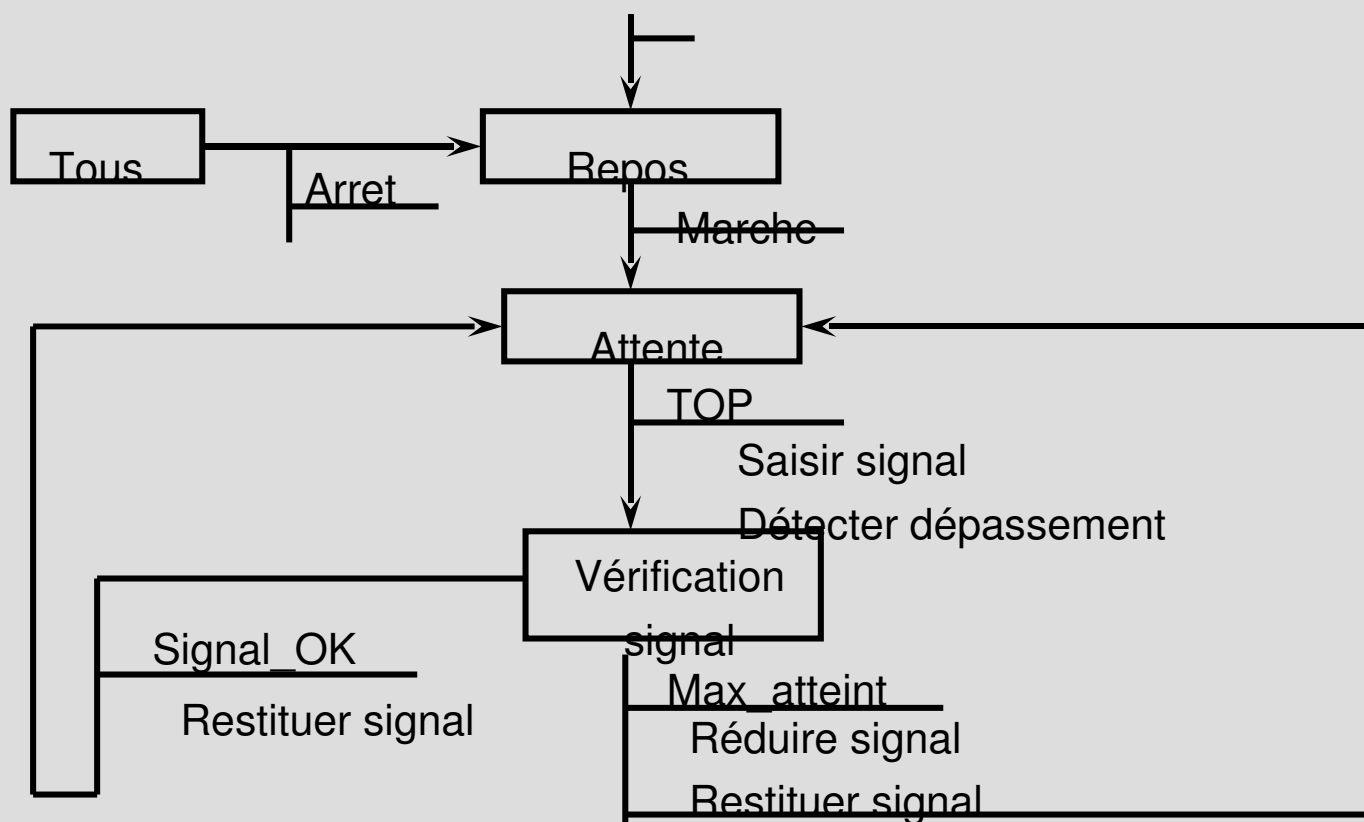
SA-RT

Étude de cas: Diagramme d'état-transition



SA-RT

Étude de cas: Diagramme d'état-transition



SA-RT

Étude de cas: Dictionnaire de données

Nom	Description
bit	[0 1]
signalSon	* son micro *
signal	* type : réel, intervalle : 0-10, unité : volt * * son échantillonné *
seuil	8 { bit } 8 * valeur maximale fixée * * type : entier, valeur : 250 *
sonFiltre	ALIAS signal
Max_atteint	* niveau de son trop élevé *
Signal_OK	* niveau de son correct *
Marche	* lancement de l'application *
Arret	* arrêt de l'application *

SA-RT

Références et liens Utiles

« Stratégies de spécification des systèmes temps réel : SART »

D.J. Hatley, I.A. Pirbhai. Masson.

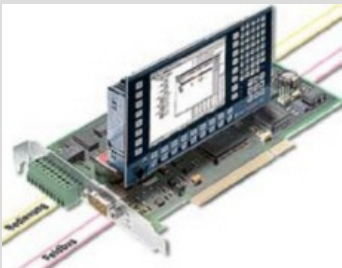
Ce cours à été réalisé à partir de cours suivant

les cours de Jean-Philippe Babau (INSA-LYON) : Les systèmes embarqués

<http://www.if.insa-lyon.fr/chercheurs/jpbabau/>

les cours de Fabrice JUMEL (CPE-LYON) : Les systèmes embarqués

<http://www.jumel.org>



Cours en ligne « bientôt »

belgacem.ben-hedia@insa-lyon.fr
belgacem.ben-hedia@esisar.inpg.fr

<http://www.bbheddia.org>

