

Open  
Source  
is  
HOT

3 au 6 juillet 2017

# SophiaConf

Le cycle azuréen de conférences Open Source



## La détection automatique d'anormalités sonores pour la sûreté

L'intelligence Artificielle dans la pratique

Jean DEMARTINI  
CTO - USS SENSIVIC

[jean.demartini@sensivic.com](mailto:jean.demartini@sensivic.com)  
[www.sensivic.com](http://www.sensivic.com)



# Introduction

- Quelques mots sur l'intelligence artificielle, les systèmes auto-adaptatifs et l'apprentissage en général
- Un problème concret : la détection automatique d'anormalités sonores dans les espaces ouverts au public pour la sûreté
- Les objectifs et les contraintes d'un tel détecteur autonome
  - Le point de départ et les évolutions
- L'approche employée, un peu de bio-mimétisme
- Les résultats

# Intelligence artificielle ? machine learning

- Ce (très) vieux mythe de l'humanité est resté littéraire jusque vers les années 1950.
  - Ne pas oublier les écrits prémonitoires de Ada Lovelace dans les années 1840 sur les potentialités de la machine analytique de Babbage.
  - Est devenu un recueil de techniques statiques ou dynamiques permettant de résoudre des problèmes difficiles à formaliser.
  - En évolution très rapide depuis une vingtaine d'années.
    - Avancées théoriques
    - Accroissement de la puissance de calcul embarquable
    - Quelques applications spectaculaires et médiatiques
- Les premières applications industrielles apparaissent en fin des années 60 dans le monde de l'automatique.
  - Le pilotage des colonnes à distiller, dans l'industrie du pétrole, a introduit, petit à petit, les concepts de système auto-adaptatif et de système à auto-apprentissage.
  - Beaucoup d'autres applications ont suivi depuis. Elles restent peu connues.
- C'est dans cette lignée que cette conférence se situe.



# Pour quoi faire ?

Sans oreilles vos caméras sont aveugles

**Urban Soundscape:  
 les Oreilles Intelligentes**

COPYRIGHT SENSIVIC™ 2013-2017



# Pour aider les caméras ...

## UNE CAMÉRA NE VOIT QUE CE QU'ELLE REGARDE

- Comment attirer l'attention du système de vidéoprotection ?
- Comment faire en sorte que le système réagisse à un événement hors champ des caméras ?



## UN SENS SUPPLÉMENTAIRE

Il n'y a pas de son hors champ



N'est-il pas temps de mettre des oreilles aux caméras ?



# ... et les bruits naturels ?

En ville, il y a beaucoup de bruit, et le bruit change tout le temps...  
 Quels sont les bruits qui nous inquiètent ?  
 Comment détecter un son anormal ?

**Environnement non-stationnaire et incertain**



# Pourquoi l'apprentissage ?

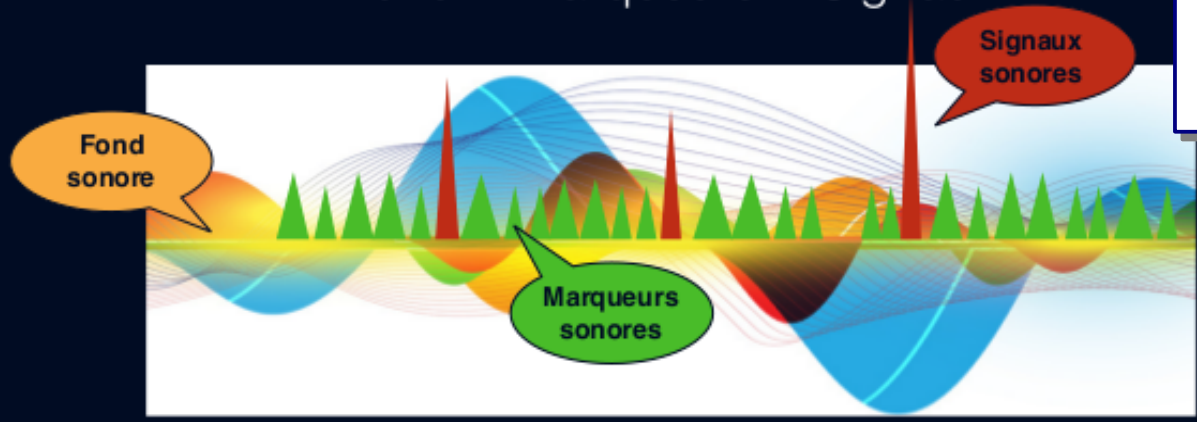
- La conception du système de contrôle d'un processus physique ou d'un système de détection peut se situer dans 2 cadres :
  - 1) On dispose d'un modèle du processus dont on peut déterminer les paramètres. Le contrôleur ou le détecteur peuvent être conçus par des méthodes déterministes ou stochastiques.
  - 2) On ne dispose pas d'un modèle du processus. Il faut alors concevoir un dispositif de pilotage ou de détection capable d'estimer lui-même les caractéristiques du processus ainsi que sa loi de commande ou de détection.
- Un système du 2ème type sera dit **à apprentissage** :
  - s'il peut modifier sa structure pour se conformer aux variations de son environnement
  - s'il peut utiliser son expérience acquise.



# Le paysage sonore

L'algorithme de détection SENSIVIC s'appuie sur le concept de :  
**PAYSAGE SONORE**  
Fond + Marqueurs + Signaux

**Modèle qualitatif introduit par le musicologue canadien Murray Schafer\***



- **Fond sonore** : l'ensemble des sons produits par l'activité environnante que notre cerveau apprend rapidement à éliminer. Rien ne nous surprend, on s'y habitue. Sons d'ambiance naturels peu agressifs (rivière, ressac de la mer, vent...)
- **Marqueurs sonores** : sont liés à l'activité d'un moment et d'un lieu, ils se réfèrent à une communauté : sons d'ambiance artefact (autoroutes, usines, chantiers, aéroports, brouhaha d'une foule, écoles, stades...)
- Un **signal sonore** est un changement brusque dans l'environnement sonore ambiant. C'est justement ce changement brusque qui nous surprend et attire notre attention.

# Son anormal ?

## un peu de bio-mimétisme

- Qu'est-ce qui est anormal ? Pour les humains, bien sûr, car la sûreté concerne essentiellement les humains.
  - Problème philosophique difficile. Les tentatives de définition de l'anormalité ont échoué.
  - La définition pratique de l'anormalité est donc une contra-position sur la notion de normalité.
- Est **normal** ce qui est **habituel** :
  - Mesure de l'intégration au groupe social.
- Ce qui est **anormal** est ce qui nous **surprend** et donc ce qui n'est pas habituel.
- Le signal (son anormal) sera donc défini comme le son qui provoquerait un **effet de surprise** à un être humain qui l'entendrait **dans les mêmes circonstances**.
  - Un son qui n'est pas habituel.

# Alerte vs Compréhension

## un peu de bio-mimétisme

- L'oreille humaine comporte deux organes :
  - Des poils situés à l'entrée du conduit auditif qui réagissent au passage des ondes de choc (déclenchement du réflexe stapédien en cas de danger pour l'oreille)
  - La cochlée qui permet l'identification des sons (spectre des fréquences)
- Ces deux organes ont des constantes de temps très différentes :
  - Le passage d'une onde de choc détecté par les poils provoque un potentiel évoqué auditif précoce en moins de 50ms : **alerte**
  - La cochlée provoque des potentiels évoqués auditifs tardifs en plus de 200ms : **identification**
- La sûreté est associée à l'alerte, la communication à la compréhension.
  - Ce qui nous alerte n'est pas encore identifié ou compris.

# Surprise et Levée de doute



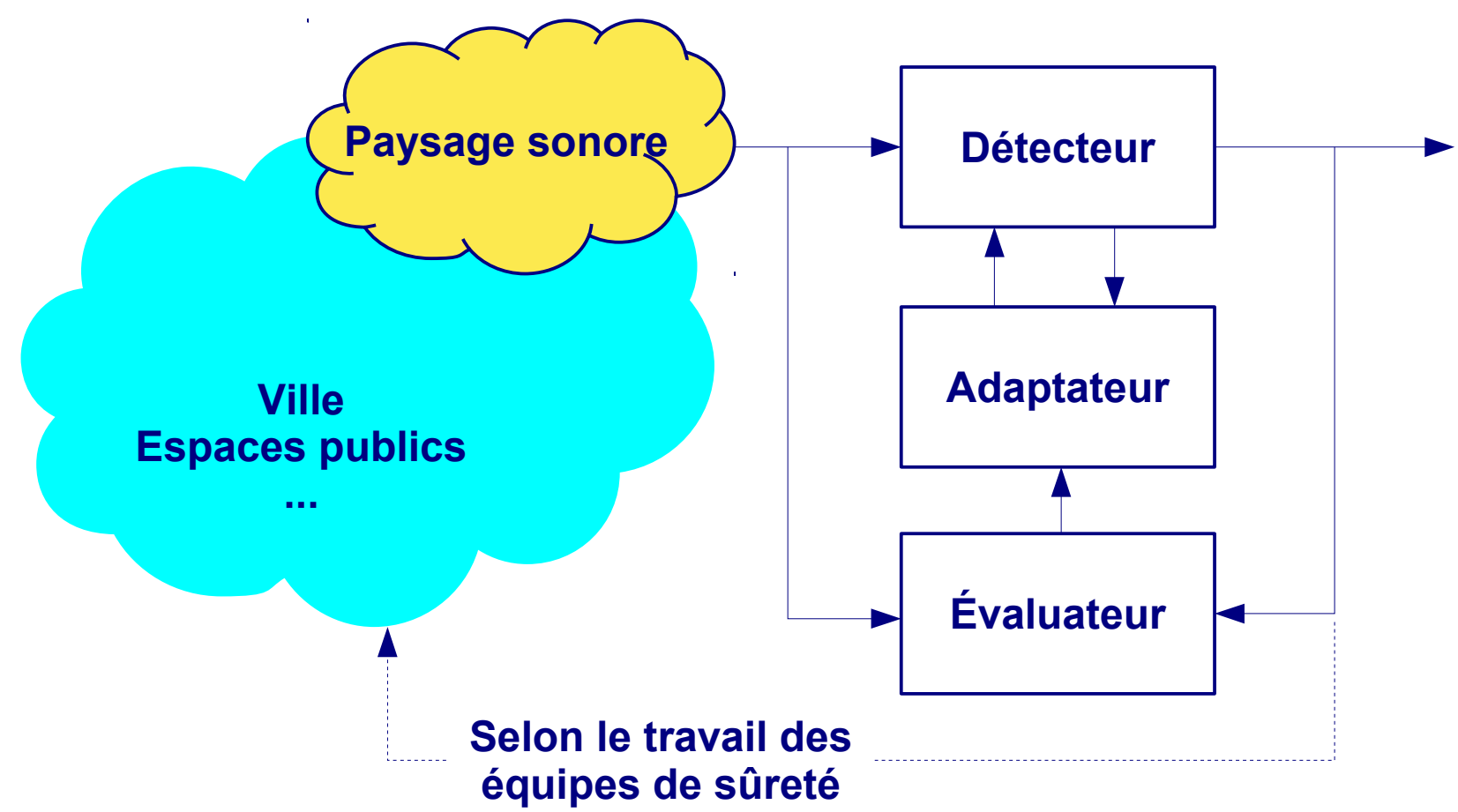
# Systemes auto-adaptatifs ou à auto-apprentissage

- Cette définition, ancienne et un peu naïve, est due à Zadeh\*  
« Étant donné un système  $[A]$ ,  $\{S_i\}$  une classe de ses entrées,  $I = \{i\}$  l'ensemble des entrées possibles,  $P(i)$  un critère de performance de  $[A]$  à valeurs dans un espace  $W$ . On dit que le système  $[A]$  est auto-adaptatif si  $P$  est une fonction de  $I$  dans  $W$ . »
- Si  $P(i)$  est un critère instantané, le système est simplement **auto-adaptatif**.
- Si  $P(i)$  dépend de l'histoire de  $[A]$ , le système est à **auto-apprentissage**.
  - Système Markovien : Si  $P(i)$  ne dépend que d'une tranche finie de l'histoire de  $[A]$ , le système est, de plus, Markovien.

---

\* "On the definition of adaptivity" Proc. Of the IRE mars 1963

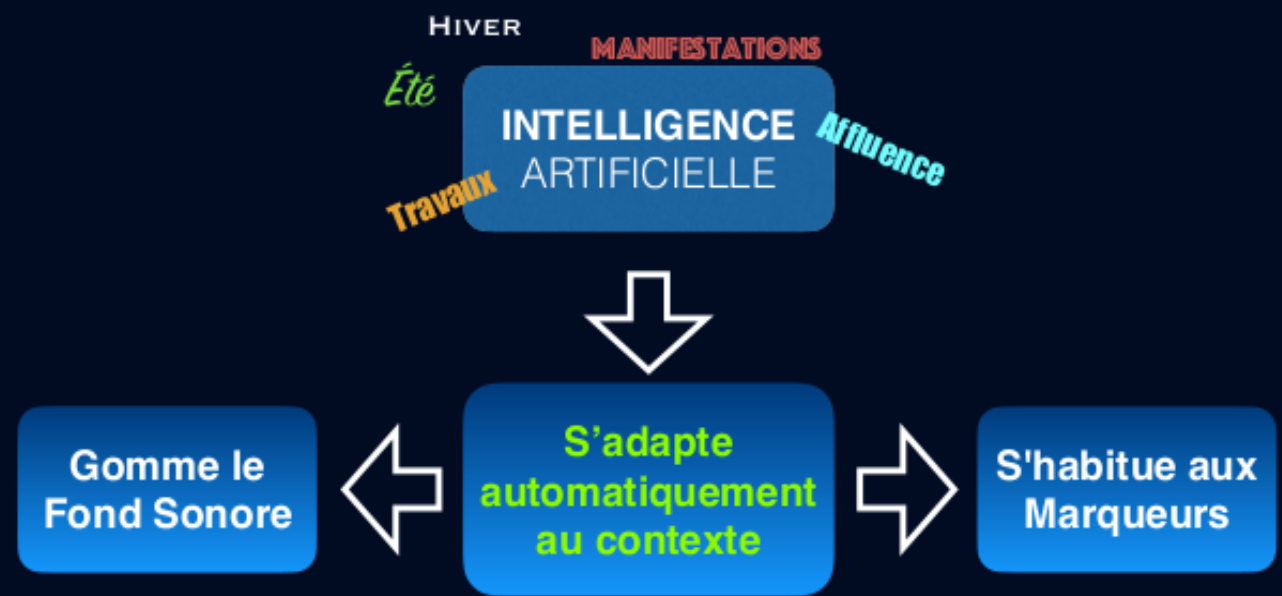
# Architecture générique d'un système de détection sonore à apprentissage





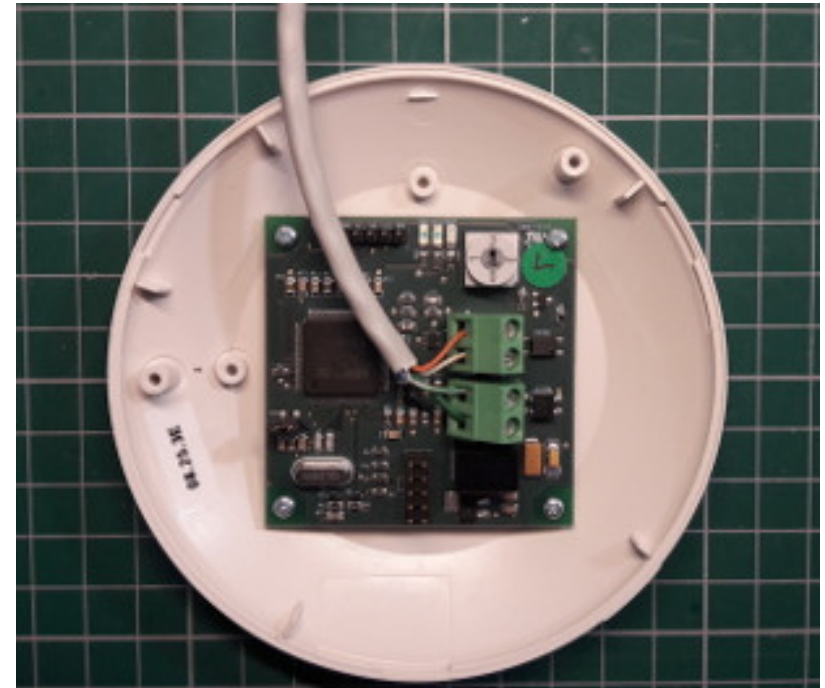
# Où se place l'apprentissage.

## SENSIVIC : Un système de détection AUTONOME



# Contraintes d'implémentation

- Le paysage sonore n'étant ni stationnaire, ni prévisible, l'apprentissage ne peut être que **permanent**.
  - La durée du pré-apprentissage à la mise en service doit être courte (quelques minutes).
- Le système doit être **autonome**.
  - Pas d'intervention après sa mise en service
- Sa capacité de stockage est limitée
  - 512ko/1Mo de mémoire flash
  - On ne peut stocker qu'un **vecteur d'état**.
- Il doit être connectable aux systèmes d'alarme classiques.



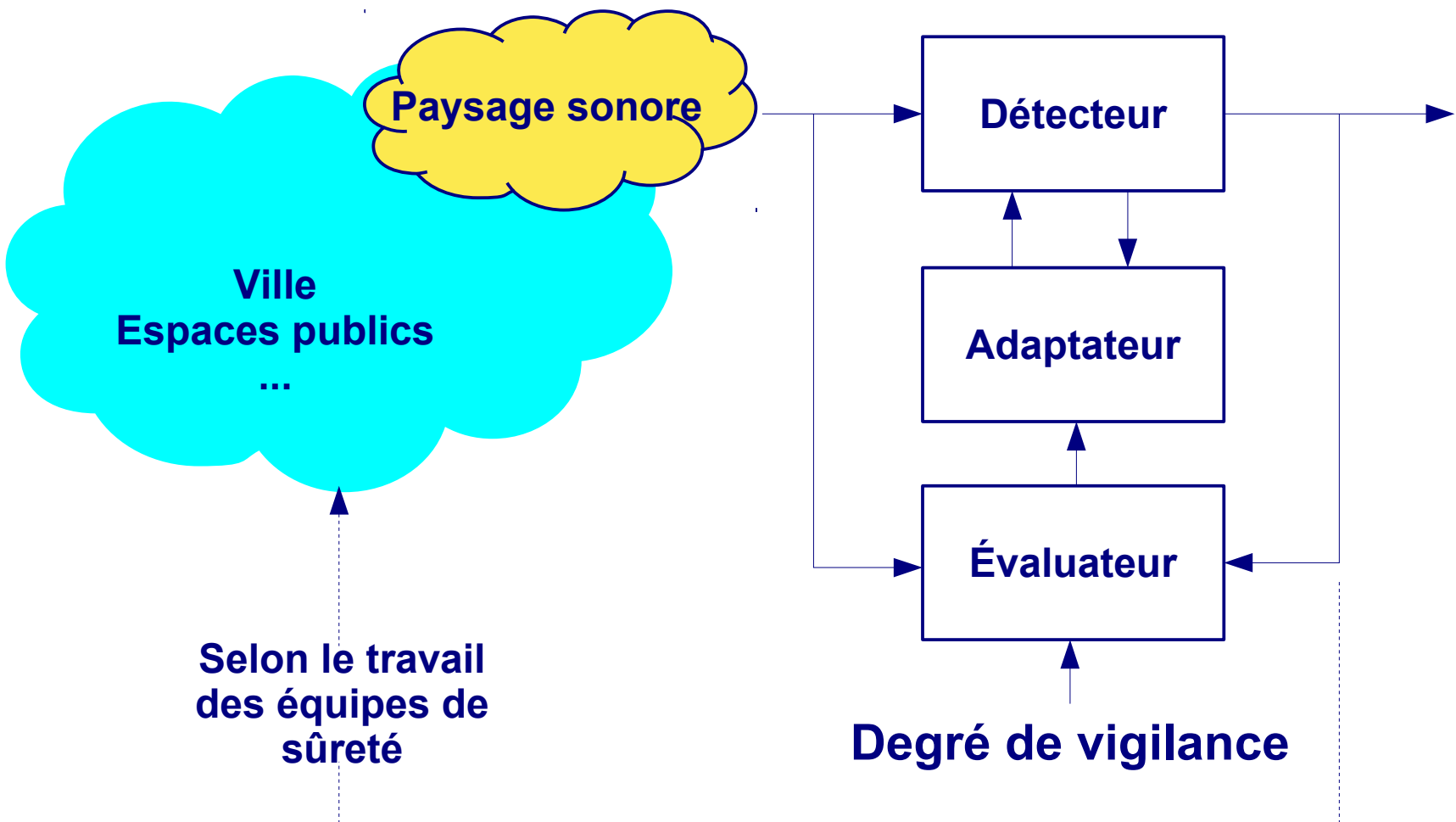




# Piloter l'auto-apprentissage ?

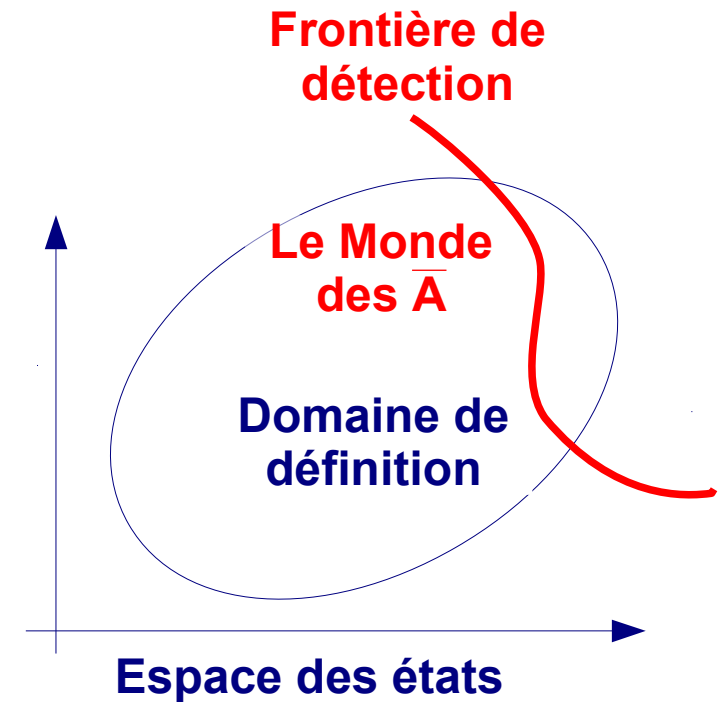
- Le détecteur est une **sentinelle**.
  - Sentinelle : Personne ou chose qui a pour tâche de veiller, de surveiller pour éviter toute surprise. (selon Larousse)
- Une bonne sentinelle est :
  - Pertinente : peu de faux positifs (alertes injustifiées)
  - Vigilante : peu de faux négatifs (alertes non signalées)
- Dans la pratique :
  - Une alerte détectée déclenche une intervention qui entraîne une **dépense**.
  - Une alerte non détectée entraîne un **préjudice**.
- Une bonne sentinelle a un **coût de fonctionnement minimal** :  
 $C_{min}(\text{degré de vigilance}, \text{dépenses}, \text{préjudices})$
- Le **degré de vigilance** est le **seul paramètre de réglage**. Il caractérise les scénarios d'usage.

# Architecture du système de détection



# Structure du détecteur

- Le détecteur est caractérisé par :
  - Un espace des états
  - Des frontières de décision
- Ces frontières sont rarement définies de façon analytique, il est nécessaire de les approcher.
  - Par un hyperplan : neurone
  - Par des portions d'hyperplans : réseau de neurones
  - Par des réseaux d'hyper-polynômes
  - Par des réseaux de fonctions caractéristiques associées à une **connaissance partielle** du processus
- L'apprentissage va déterminer les paramètres de ces approximations.

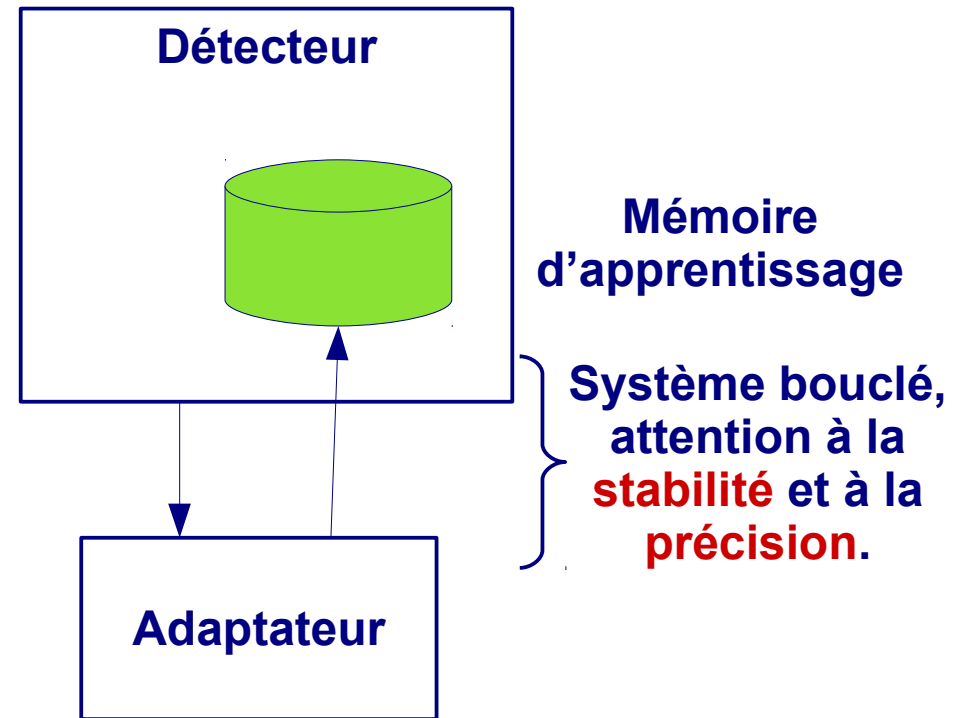


\* d'après "The World of Null-A" A.E. Van Vogt (1945)

# Mémoire d'apprentissage

## un peu de bio-mimétisme

- Sur le site Web « Le cerveau à tous les niveaux\* » on trouve une description de la mémoire d'apprentissage des humains.
- L'apprentissage est un processus dans lequel entre en compétition :
  - l'**acquisition** de nouvelles connaissances
  - l'**oubli** de celles qui ne sont plus nécessaires
- C'est l'oubli qui permet de maintenir la vigilance.



\* <http://lecerveau.mcgill.ca/>

# Aspects pratiques

- Les outils pour l'apprentissage, l'analyse des données, la reconnaissance des formes, les techniques pour l'approximation des frontières de décision etc. sont bien connus.
- Cependant, trouver une bonne formulation du problème à résoudre n'est pas simple (savoir-faire de l'ingénieur)
  - Définition de l'espace des états
  - Choix du critère d'évaluation
  - Choix des fonctions caractéristiques pour la construction de la frontière de décision
  - Choix de de la fonction de coût
  - Définition des scénarios d'usage
- L'implémentation en environnement très contraint peut être critique
- Les méthodes de l'intelligence artificielle (IA faible\*) donnent de bons résultats lorsque le problème est **suffisamment bien cadré**.
  - Elles font (beaucoup) mieux que le hasard et presque toujours aussi bien qu'un humain.

---

\* IA de l'ingénieur, par opposition à l'IA forte de Searle

# Détecteurs SENSIVIC

- Un détecteur de chocs sonores associé à une antenne acoustique pour détecter un signal sonore et localiser sa source
  - **Sound-Scanner** inséré dans le réseau de la vidéoprotection pour orienter les caméras PTZ dans la bonne direction,
  - Connecté à une plateforme générale pour permettre leur supervision à distance (pas d'accès au réseau de la vidéoprotection lui-même)
  - Conforme aux recommandations de la CNIL car les fonctions de prétraitement du son sont non inversibles.
- Une gamme de détecteurs non directionnels, autonomes, associés à différents scénarios d'usage
  - **Soko** : chocs sonores
  - **Sparo** : coups de feu
  - **Muty** : incivilités sonores et cris de paniques
  - **Lasco** : outils rotatifs, sirènes

# Merci pour votre attention

# Des questions ?

[Jean.demartini@sensivic.com](mailto:Jean.demartini@sensivic.com)  
[www.sensivic.com](http://www.sensivic.com)