



# Robotics and sensors networks for Interaction with the environment

Jean Vareille,

University of Western Brittany

Lab-STICC

Brest - France

[jean.vareille@univ-brest.fr](mailto:jean.vareille@univ-brest.fr), [philippe.leparc@univ-brest.fr](mailto:philippe.leparc@univ-brest.fr),

# Outlines

- General problematic
- Remote control
- Architectures and languages
- Safety of operation
- Experiments and applications

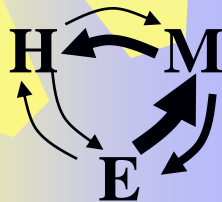
# General problematic

- IST : everywhere at every time a natural access to the technologies of the information society for all

Added value ↗

Costs ↘

	H	M	E
Human	<i>H2H</i>	<b>H2M</b>	<i>H2E</i>
Machine	<b>M2H</b>	<b>M2M</b>	<b>M2E</b>
Environment	<i>E2H</i>	<b>E2M</b>	<i>E2E</i>



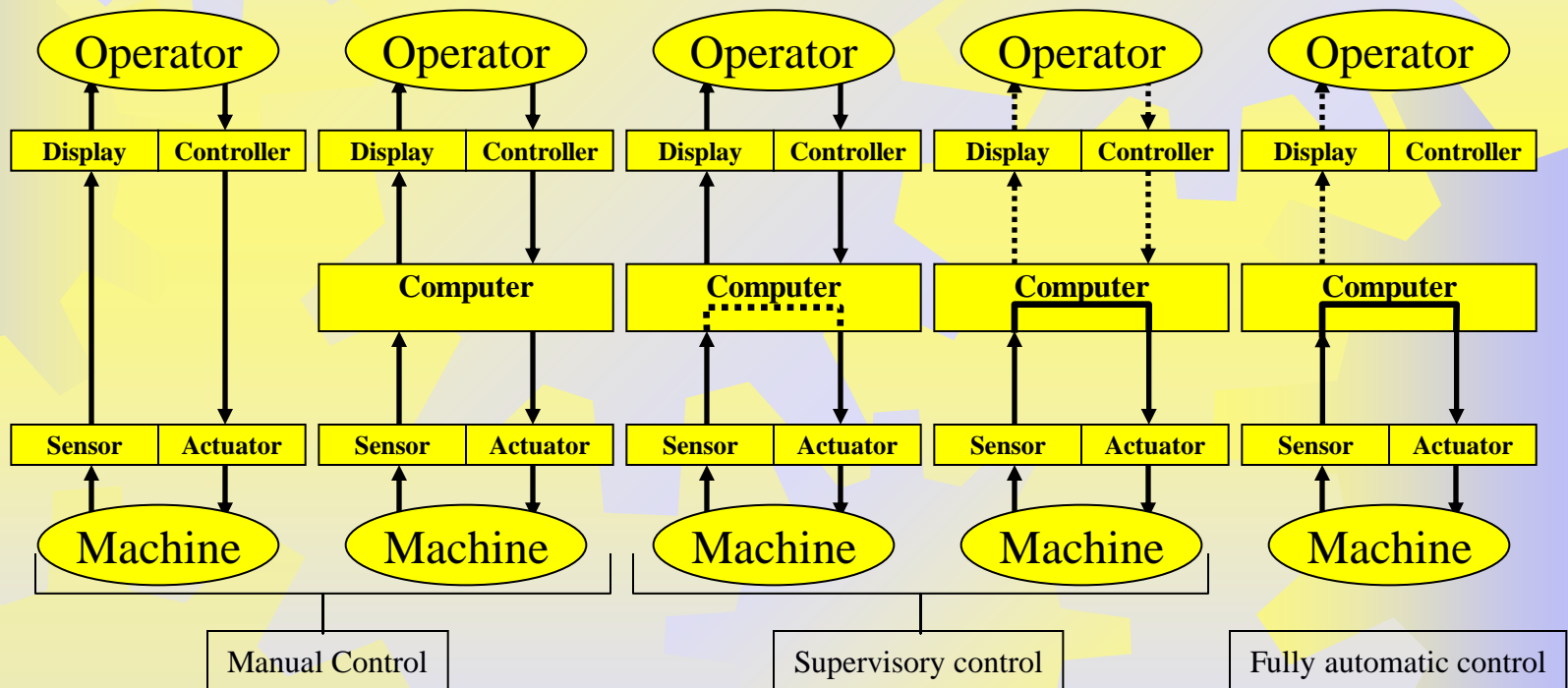
HME Interactions

- Transforming time into value
- Sustainable development  
To prefer information transmission rather than materials or persons displacement.

# Specific problematics

- ☀ Hostile environments :  
nuclear risks, chimical risks...  
space, deserts, poles, seas...
- ☀ Industrial robotics
- ☀ Mobile robotics

# Different levels of controls (Sheridan)



Sheridan, T. B. (1992). *Telerobotics, automation, and human supervisory control*. MIT Press.

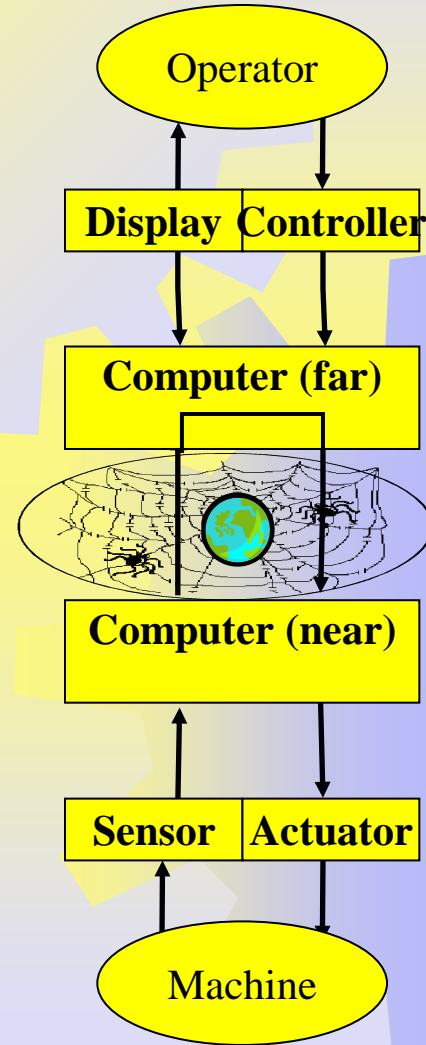
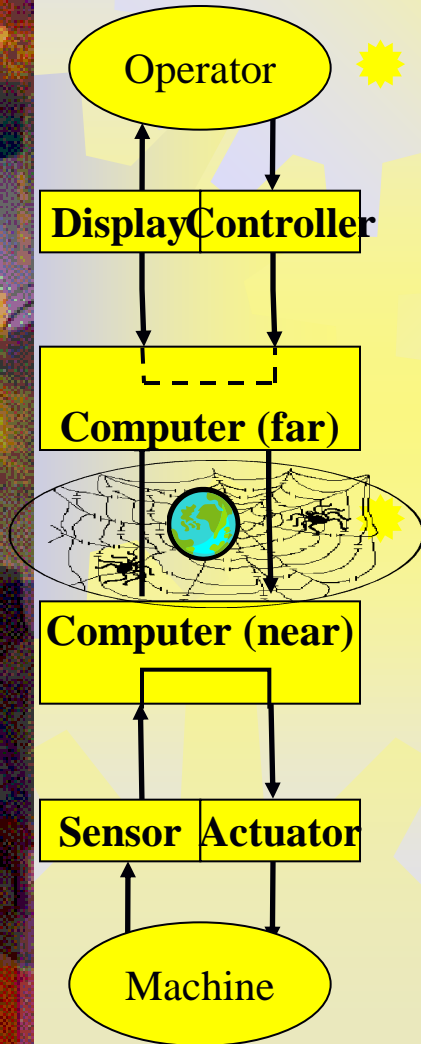
# Different levels of remote control

## Coordinated control :

- autonomy of the remotely controlled system,
- Interns control-systems

## Control in closed loop (direct tele-operation "tele-dynamics")

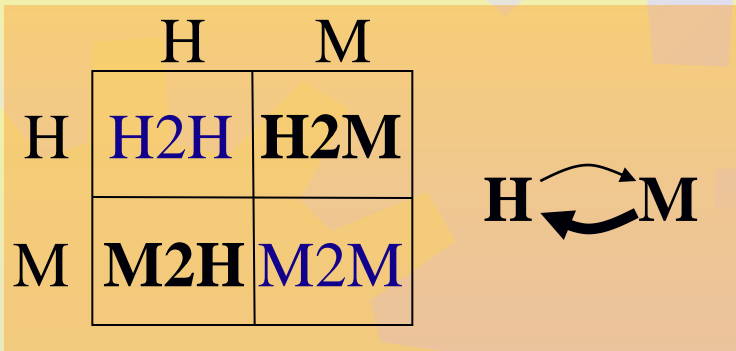
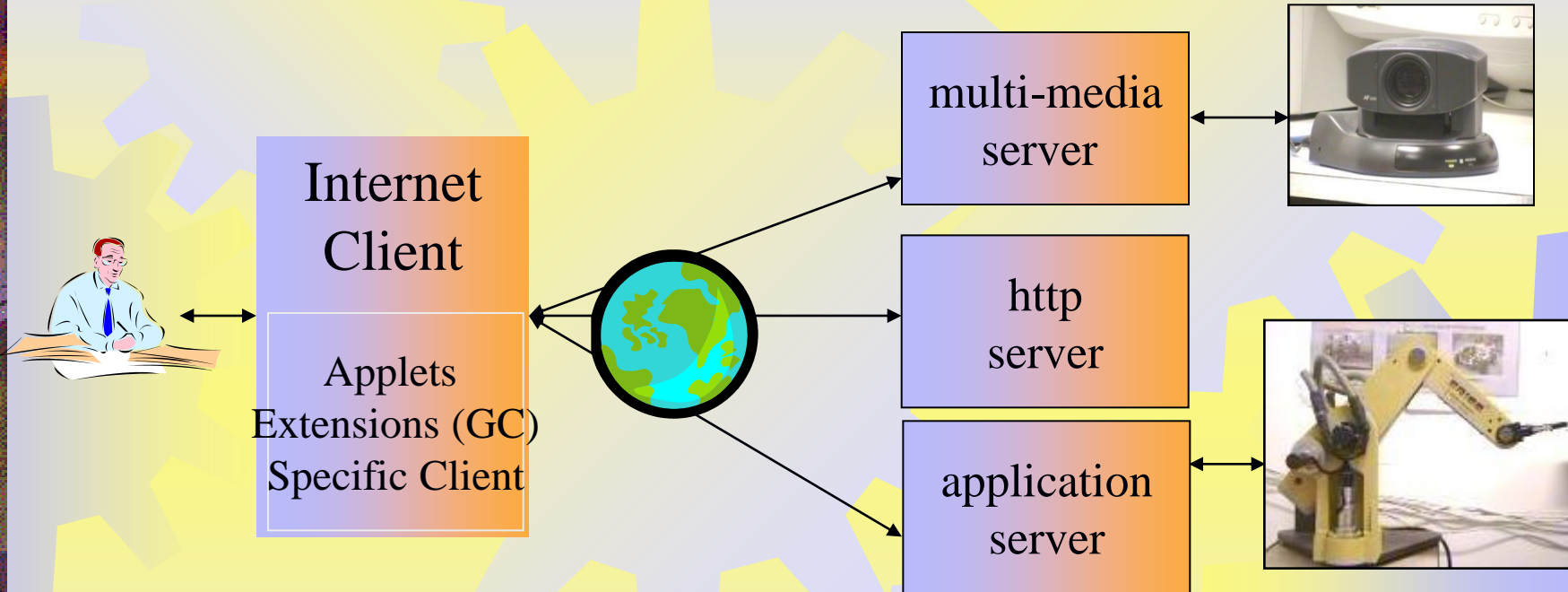
- short delays  $\leq 200$  ms
- technical compensations



# Remote Control

- ✱ Where begins the distance?
- ✱ What for communication system?
- ✱ Benefits?
- ✱ Costs?
- ✱ Risks?

# Remote Control using Internet



- 1 – http connection
- 2 – Applets download
- 3 – Connection to servers
- 4 – Remote control



# Architectures and languages

- ✦ ISO language for CNC machines and industrial robots
- ✦ Local architectures for CNC
- ✦ Architectures for remote control

# ISO execution language

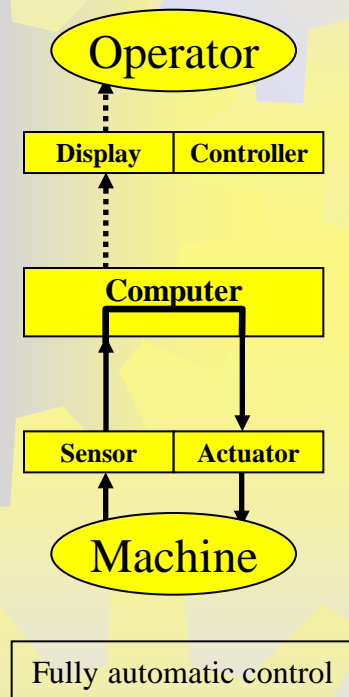
Structure of the language :

Lines composed by words

Line after line interpretation

Taking into account 2 or 3  
following lines

NB : the original language was the G-code, developed by the "Electronic Industries Association" at the beginning of the 60ties, was after standardised by ISO in february 1980 under reference RS274D/ (ISO 6983).



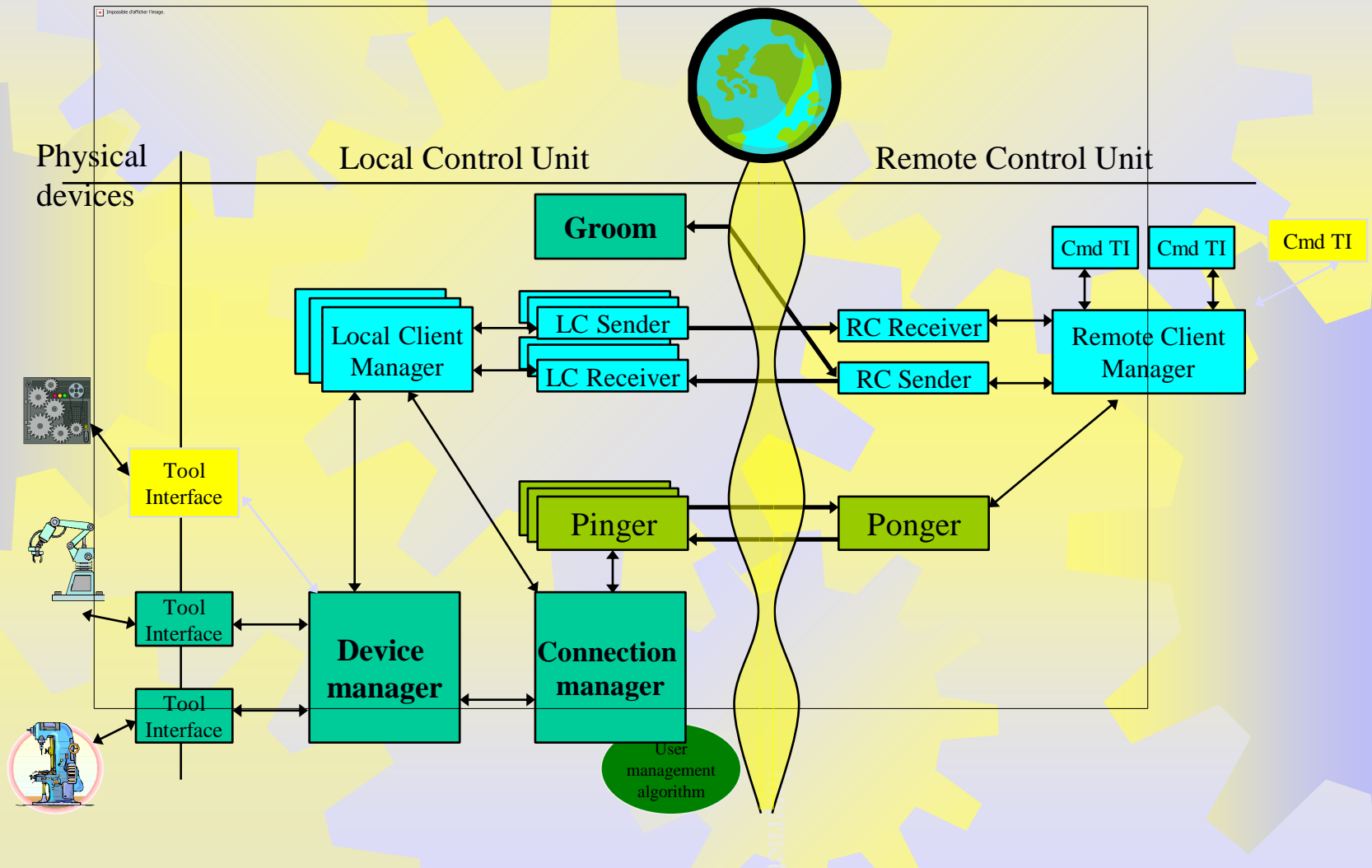
**%2032 (beginning of the program number 2032)**  
**N22 G40 G80 M5 M9 (annulation of all actions)**  
...  
**N34...**  
**N35 G0 G53 X20 Y3 (quick motion to X20 Y3)**  
**N703...**  
**N704 M2 (end of program)**

<http://www.aqra.ca/Manuel-de-reference-pour-la-norme>

# Remote control

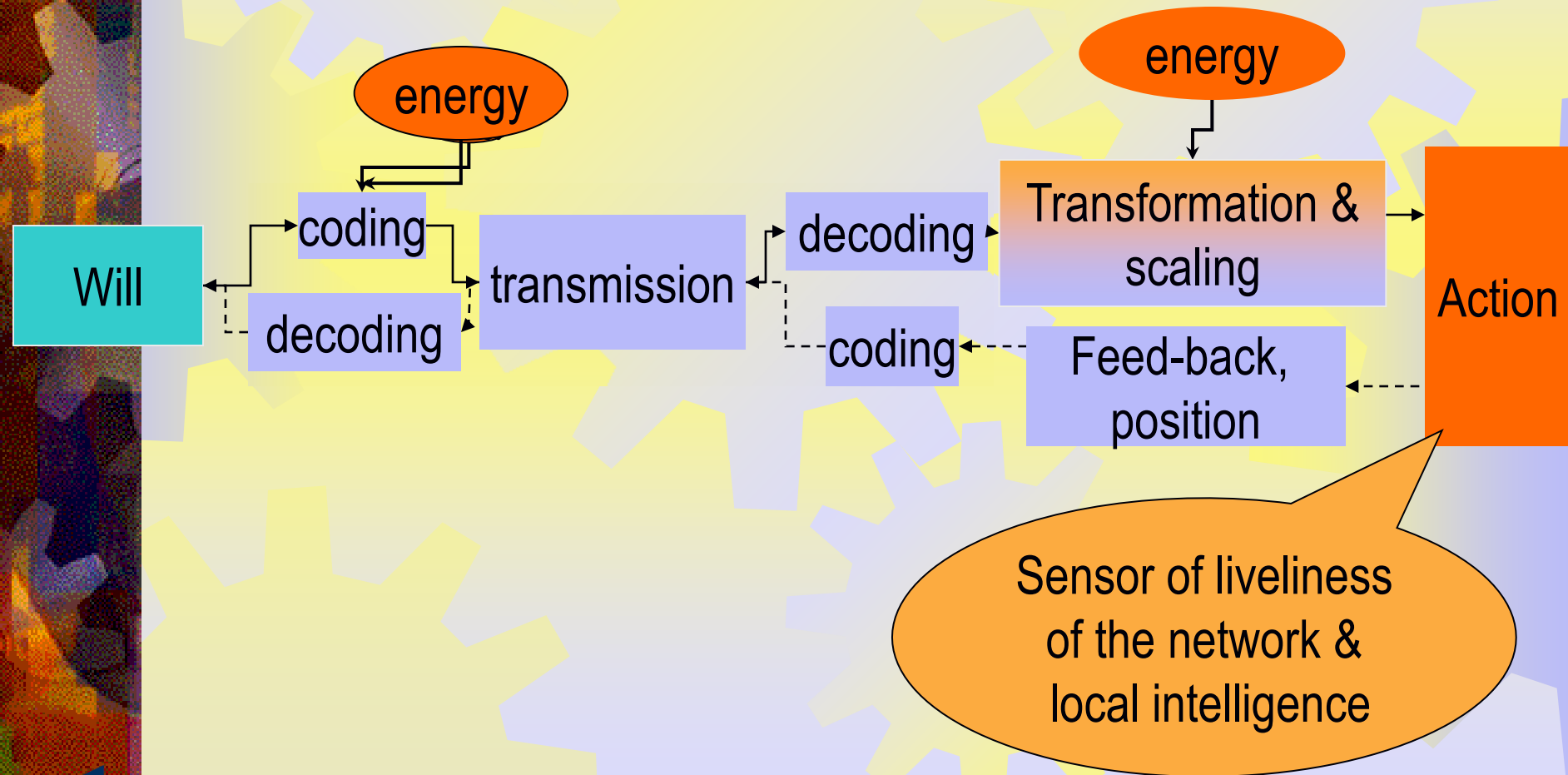
- ✦ Building a generic software architecture
  - ✦ Kernel of services
  - ✦ components of services
- ✦ Taking into account the quality of communication
  - ✦ Network sensors
  - ✦ Development methodology
- ✦ Hypothesis :
  - ✦ The transmission's delays are preponderant
  - ✦ The available bandwidth overpass the needs

# Software Architecture



# Safety of operation

## Control reliability



# Internet

Failures

Traffic Jams

Predictable  
behaviour

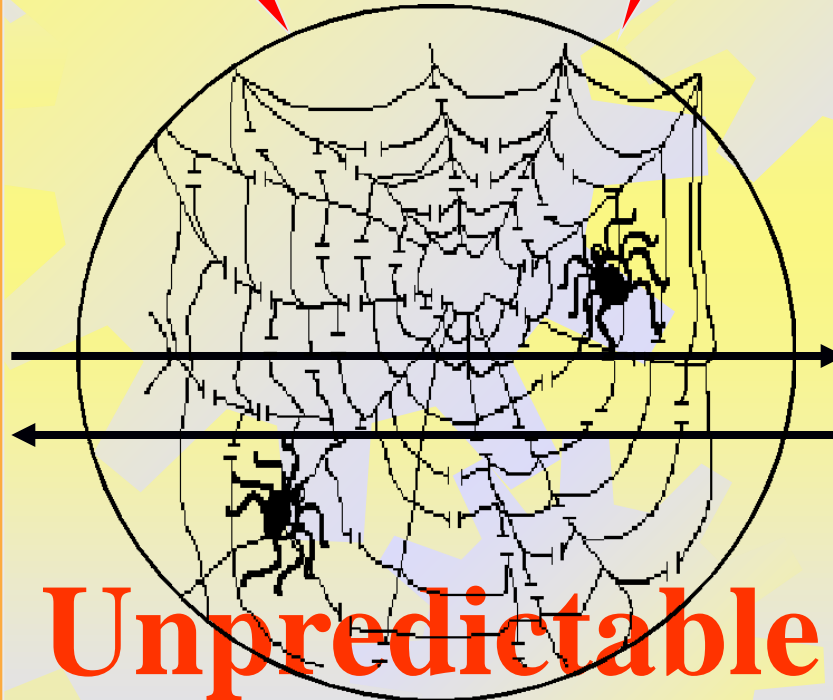
Internet  
Client



Predictable  
behaviour

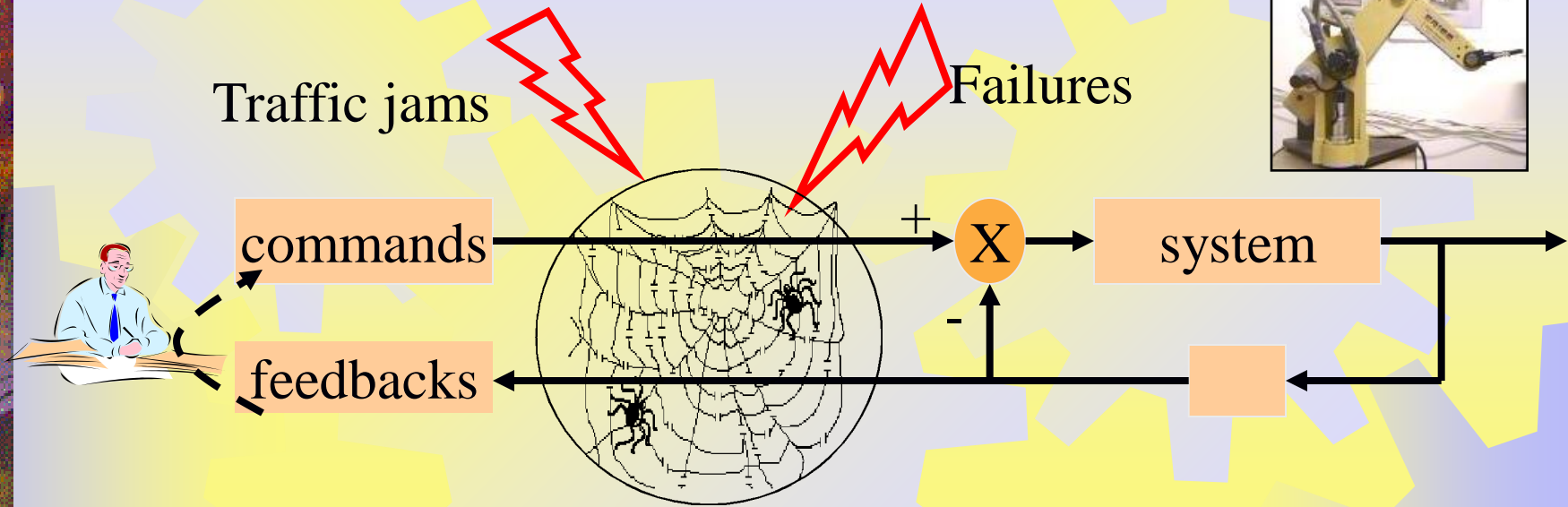


http  
server

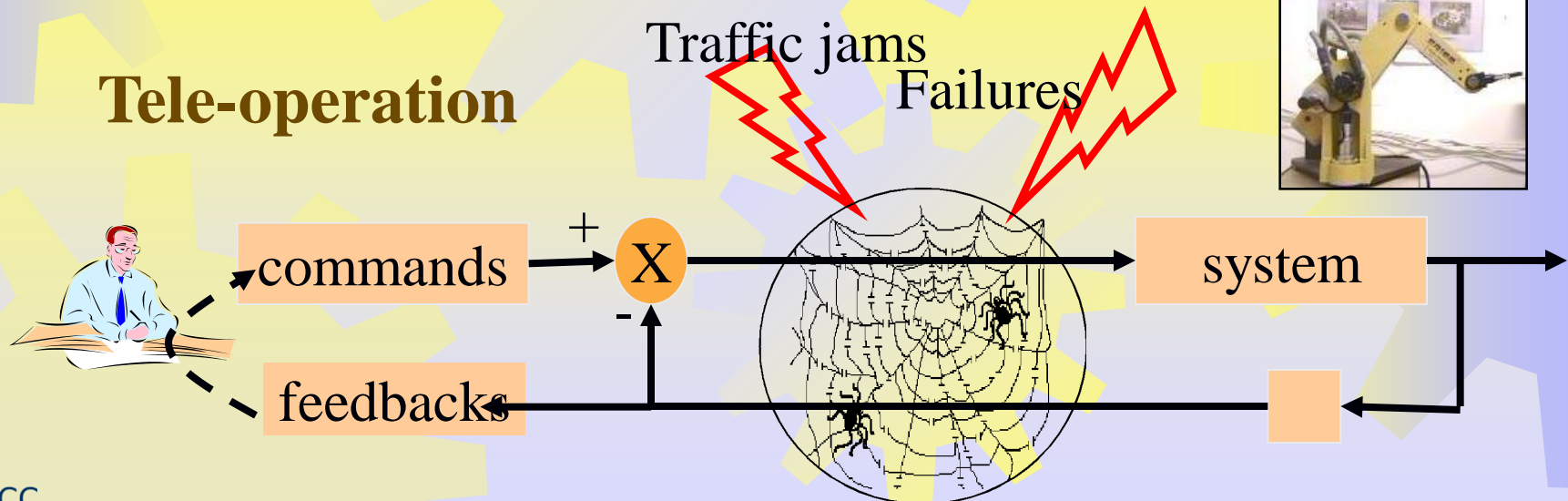


**Unpredictable  
behaviour**

# Coordinated remote control



# Tele-operation





Extracted  
from a book  
by Professeur  
Yves Rocard

« Dynamique  
Générale  
des  
Vibrations »

1943-1960

Un autre exemple curieux est celui de l'équation

$$(9) \quad m \frac{d^2 y}{dt^2} + f \frac{dy}{dt} + K y_{(t-\tau)} = 0$$

qui dans une certaine mesure, peut prétendre à décrire des phénomènes sociaux :

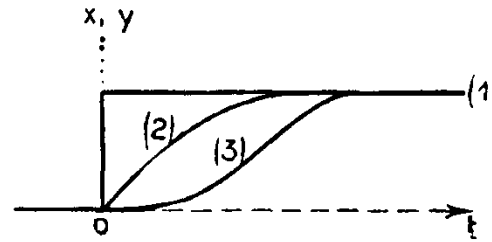


Fig. 234.

Imaginons qu'un chef donne un ordre de production, disant, « je veux 10.000 avions », ceci au temps  $t=0$ . Sur la figure 234, le nombre  $y$  d'avions produits est porté en ordonnées, et la courbe (1) est l'expression de la volonté du chef. Mais l'industrie, si elle est absolument prête, ne peut produire qu'à un débit donné, d'où une courbe (2) qui

provient évidemment d'une équation  $f \frac{dy}{dt} = K(x - y)$ ,  $K$  étant un facteur qui traduit l'efficacité du commandement. Si l'industrie n'est pas prête, il faudra du temps pour les études, pour créer des ateliers..., d'où une courbe (3), à démarrage horizontal, qui provient certainement d'une équation :

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + f \frac{dy}{dt} = K(x - y),$$

$x$  étant la production désirée par le chef et  $y$  la production réellement obtenue au temps  $t$ .

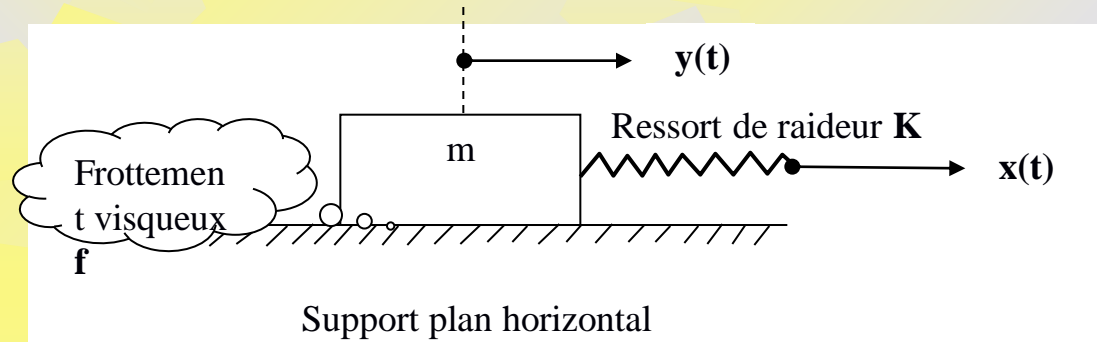
Supposons maintenant que le commandement s'exerce mal, il lui faut un temps  $\tau$  pour s'exprimer, soient que les papiers restent trop longtemps à la signature, soit que des lettres se perdent, soit que le secrétariat soit insuffisant, le second nombre devient  $K(x - y)_{t-\tau}$ , soit :

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + f \frac{dy}{dt} + K y_{(t-\tau)} = \text{constante}$$

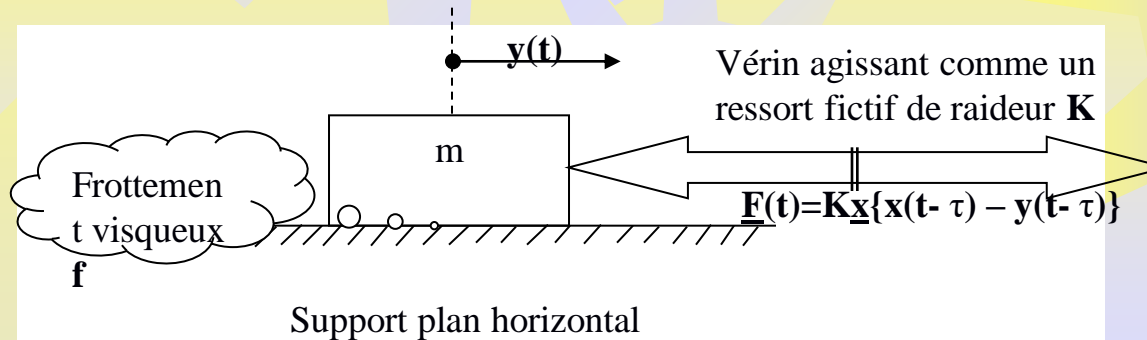
si l'on suppose  $x$  constant : c'est l'équation (9). On forme facilement sa

# Modelling

## System without delay



## Systeme with delay



courbe de description de phase, et on lui trouve des cas d'instabilité nombreux. *Généralement, on peut toujours prendre  $\tau$  assez grand pour rendre le système instable*, conclusion que certains devraient méditer, car elle entraîne que les phénomènes qui vont se passer n'ont plus aucun rapport avec la volonté des chefs exprimée trop tard et en fonction d'un état  $y$  trop ancien.

On trouve en fait ici :

$$(10) \quad \begin{cases} R_1 = -\omega^2 + \cos \omega \theta \\ X_1 = 2\varepsilon \omega - \sin \omega \theta \end{cases}$$

en posant :

$$\begin{aligned} \omega_0 &= \sqrt{\frac{K}{m}} \frac{p}{\omega_0} = j\omega \\ 2\varepsilon &= \frac{f\omega_0}{K}, \quad \omega_0 \tau = \theta \end{aligned}$$

la construction est simple grâce à la parabole auxiliaire  $R_1 = -\omega^2$   $X_1 = 2\omega$ , elle donne la figure 235, tracée dans un cas d'instabilité (on l'a construite pour  $\theta = \pi$ ).

L'augmentation de  $f$  augmente la stabilité. Si  $\tau$  est petit, on trouve que la condition de stabilité limite est  $f - K\tau > 0$ . Si  $\tau$  augmente, les équations deviennent transcendantes, mais on voit en (10) que  $\theta$  croissant, les volutes de la courbe viennent se resserrer sur la droite, notamment la première volute vient chercher plus bas son point de contact inférieur sur l'enveloppe, ce qui exprime une tendance accrue à l'instabilité.

Mais dans tous ces cas la règle profonde de stabilité reste la même : *il faut un frottement positif quand on passe par des résonances à impédance croissante avec la fréquence.*

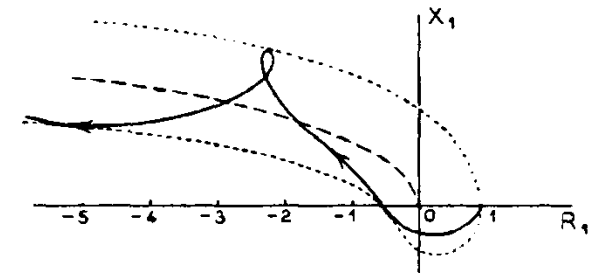
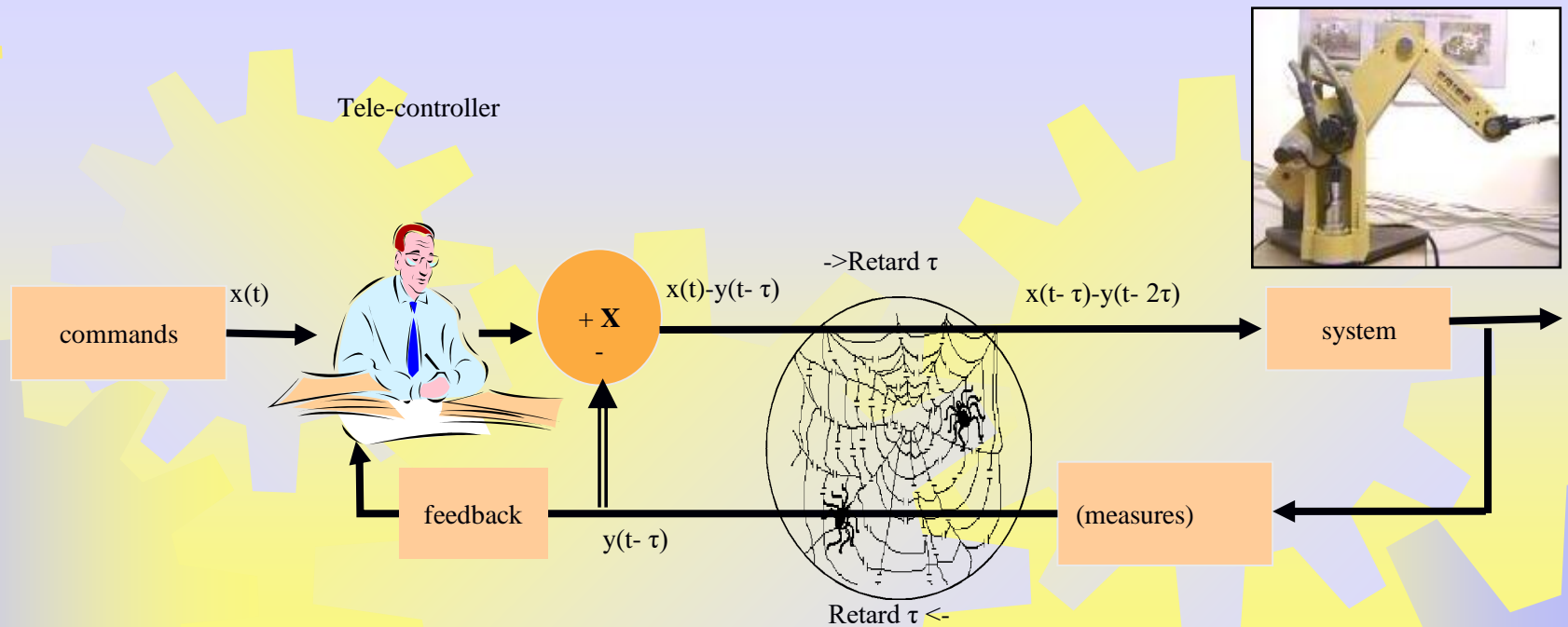


Fig. 235.



## Equation of behaviour

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = K\{x(t-\tau)-y(t-2\tau)\} - f \frac{dy}{dt}$$

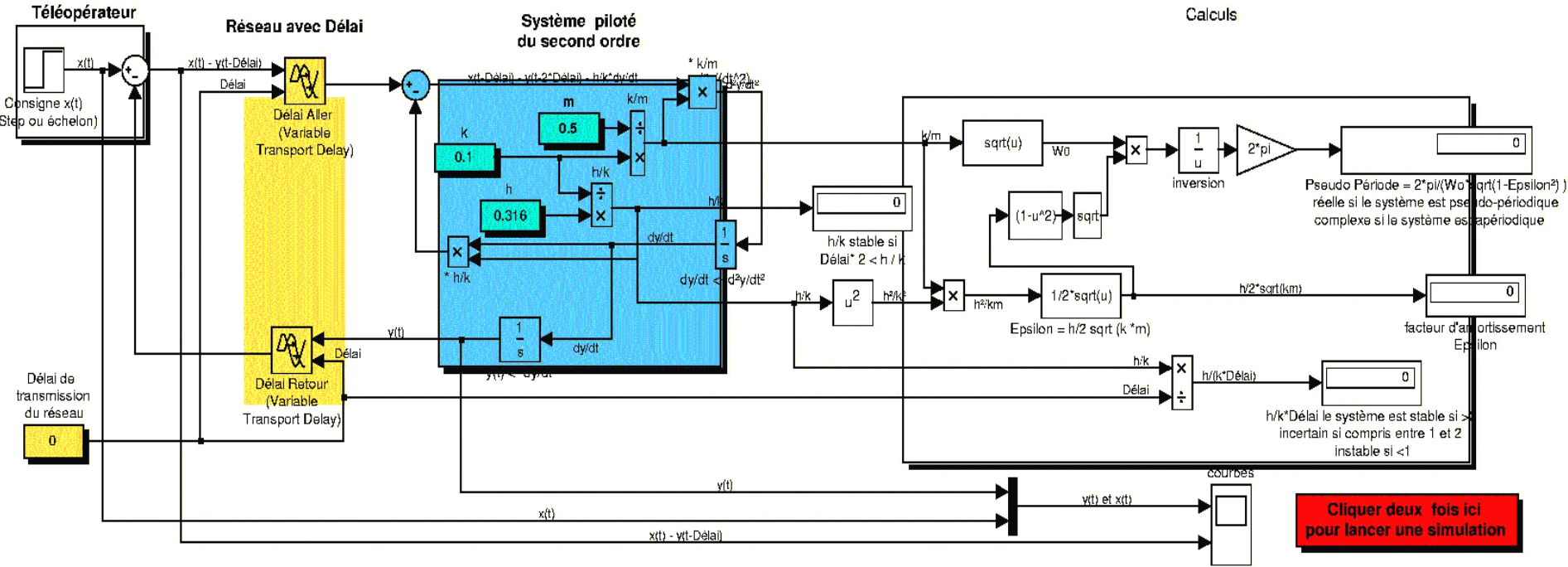
## Stability criterion

$$f - K \tau > 0 \quad \text{ou} \quad f / K > \tau$$

Source : "Dynamique générale des vibrations"  
 Étude du cas où  $x-v$  présente

Cliquer deux fois ici pour avoir des explications

Cliquer deux fois ici pour avoir des exemples de réglages



Cliquer deux fois ici pour lancer une simulation

Pour voir les courbes cliquer deux fois sur le bloc "courbes".

Ce modèle permet de montrer que tout système du second ordre qui contient dans sa boucle une transmission d'information présentant un retard peut devenir instable lorsque celui-ci dépasse le seuil  $h/k$ .

Dans le cas du présent système le retard n'est pas le même sur la branche aller et la branche retour, l'instabilité peut alors apparaître dans l'intervalle  $] h/2^*k, h/k ]$ , cette instabilité devient certaine lorsqu'il dépasse  $h/k$ .

Le temps de réponse à 5% le plus court est atteint pour un facteur d'amortissement Epsilon # 0,7 (en fait  $\sqrt{2}/2$ ), cette valeur est souvent considérée comme optimale.

Exemples de réglages :

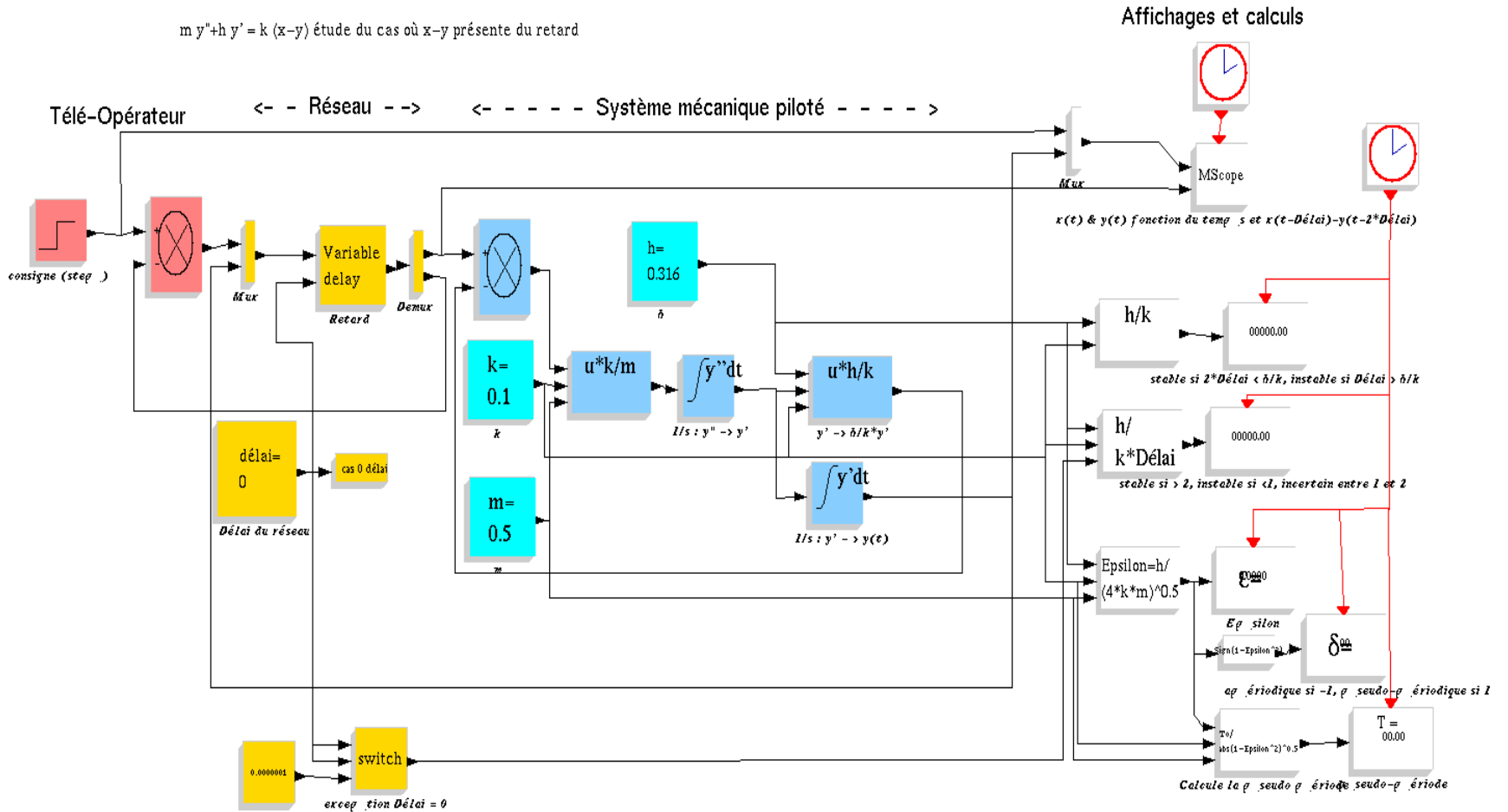
- $m = 0.5$   $k = 0.05$   $h = 0.2235$  alors  $Epsilon = 0.7068$  et la pseudo période vaut 28 pas, le système est stable jusqu'à un délai de 2.83 mais instable au delà
- $m = 0.5$   $k = 0.5$   $h = 1$  alors  $Epsilon = 1$  et la pseudo période est alors infinie, le système est apériodique critique le système est stable jusqu'à un délai de 1.38 mais instable au delà
- $m = 0.5$   $k = 0.5$   $h = 2$  alors  $Epsilon = 2$  et la pseudo période est imaginaire, le système est apériodique le système est stable jusqu'à un délai de 3 mais instable au delà

Jean Vareille  
 le 5 juin 2007  
 à Brest

# Modèle d'Yves Rocard modifié

source : "Dynamique générale des vibrations"

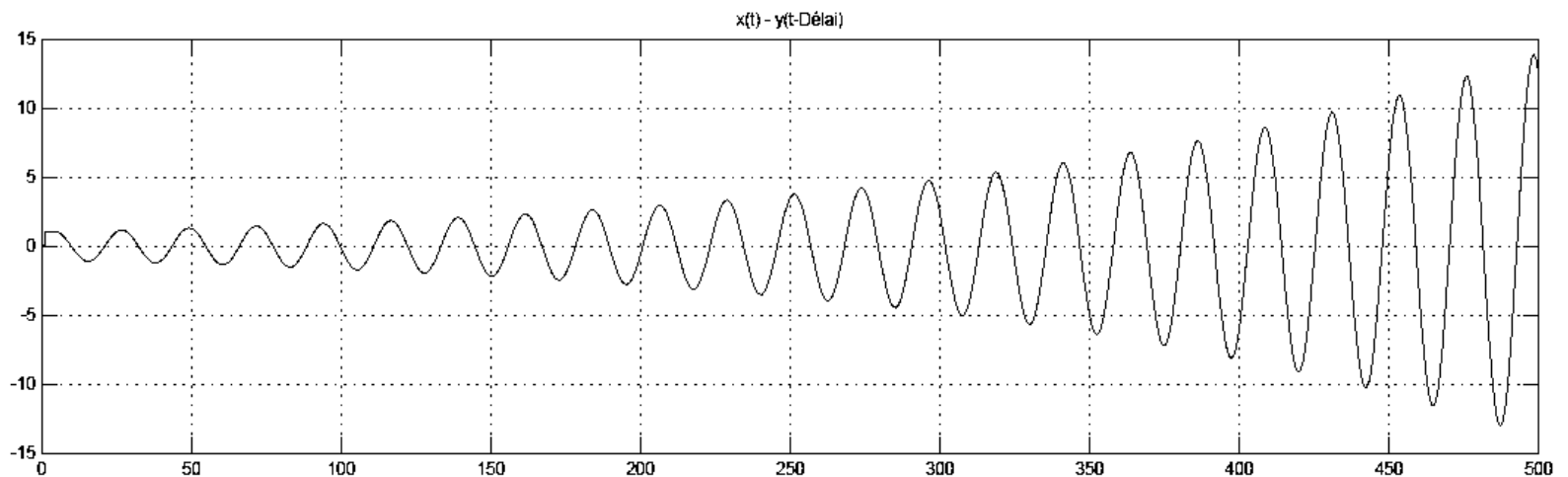
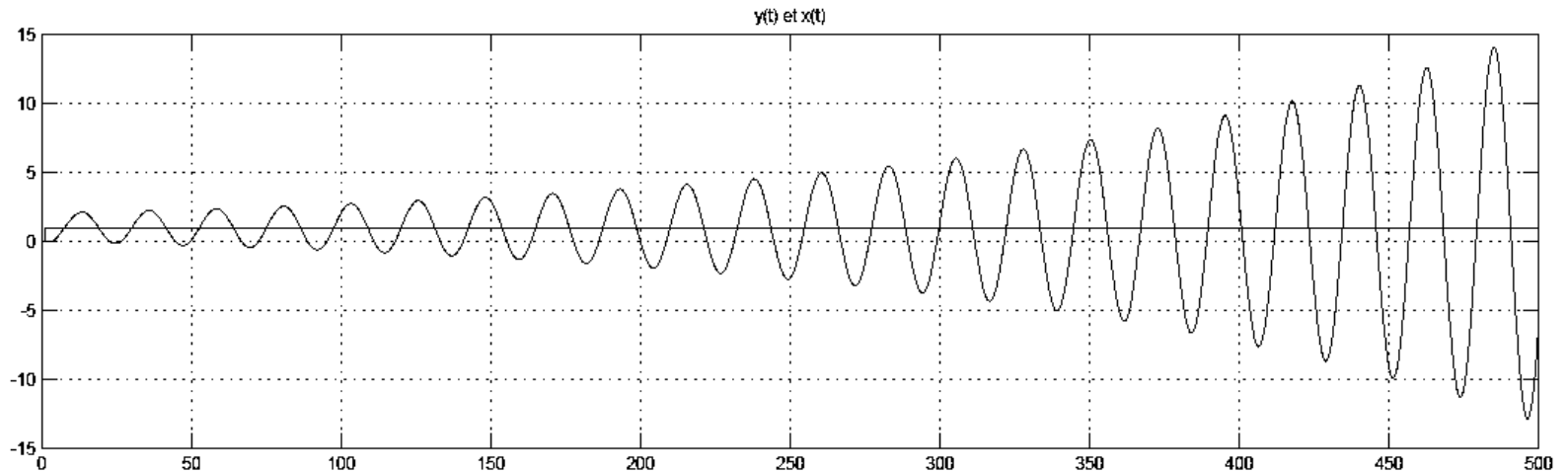
$m y'' + h y' = k(x - y)$  étude du cas où  $x - y$  présente du retard



J.Vareille, Brest le 9 juin 2007

Delay = 0 ->1 ->2 ->2,1

$f / K = 3,16$



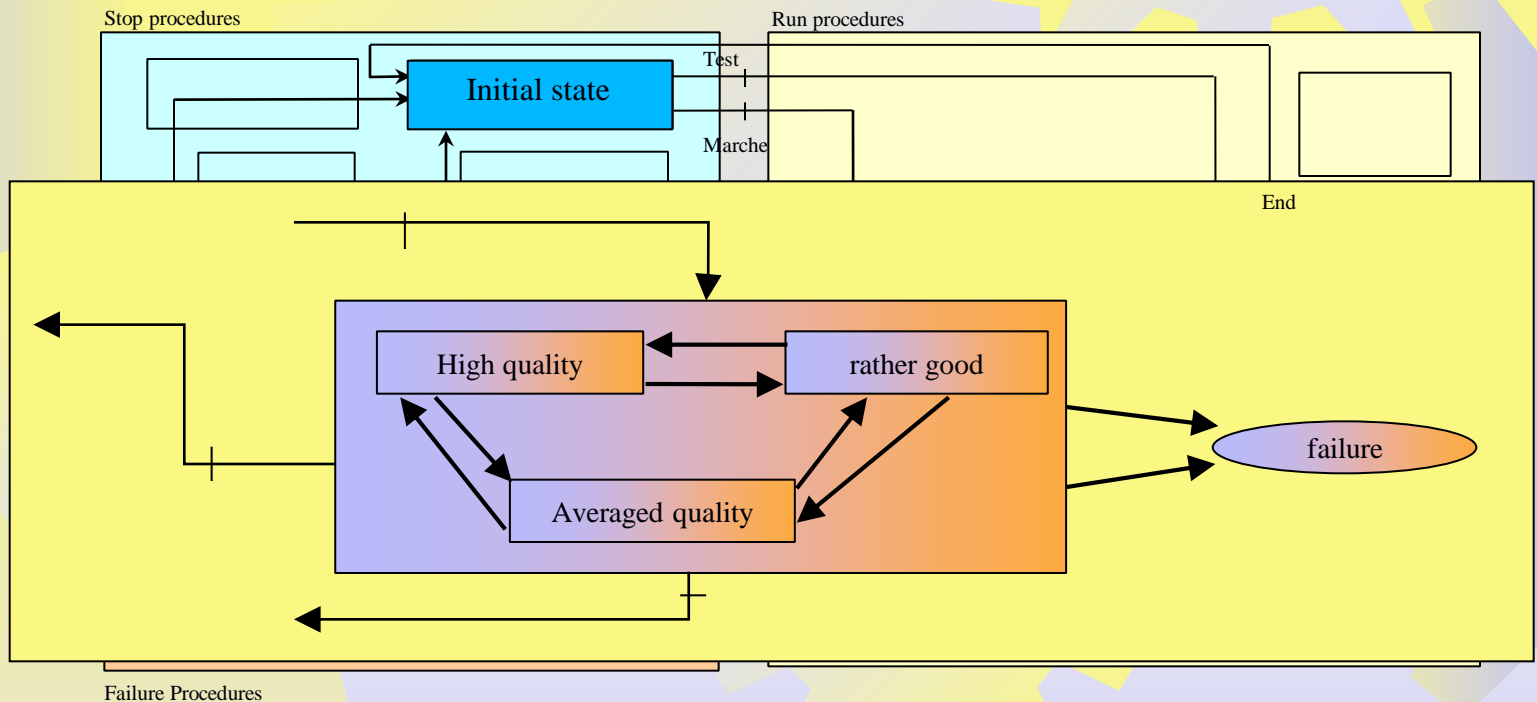
# Our approach of the problem

- ✦ Building an generic software architecture
  - ✦ Kernel of services
  - ✦ componants of services
- ✦ Tacking into account the quality of communication
  - ✦ Network's sensors
  - ✦ Development mothodology
- ✦ Hypothesis :
  - ✦ The delays of transmission are preponderant
  - ✦ The available bandwidth overpass the needs

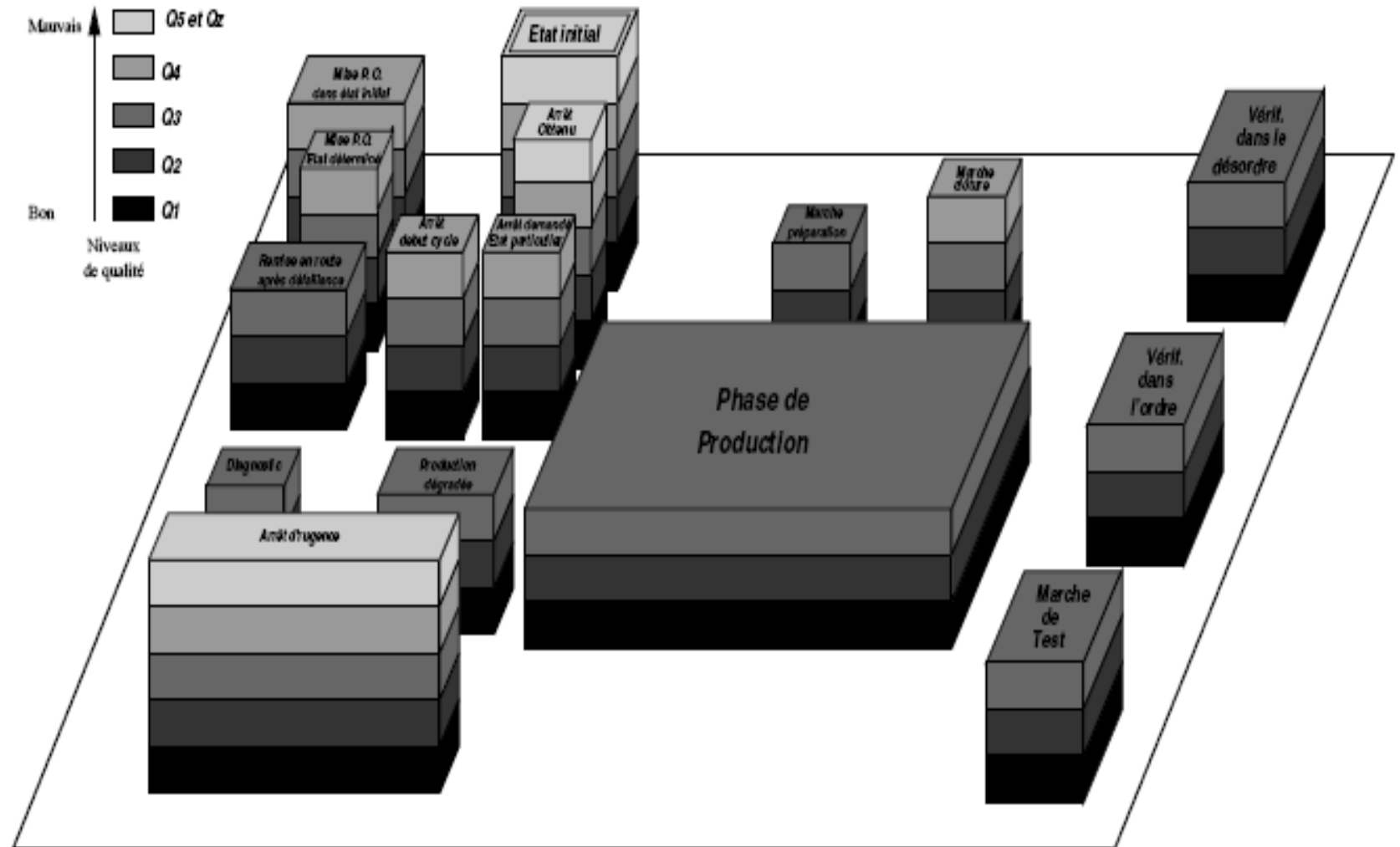


# Development Methodology : Gemma-Q

- ☀ Gemma (Guide d'Etudes et Modes de Marche et d'Arrêt)  
-> Gemma-Q



# The GEMMA-Q in fictive 3D



# Experiments and applications

- ☀ Miabot Arena
- ☀ ARITI
- ☀ On line Train
- ☀ TP on line
- ☀ AIP Nantes pays de Loire, Nancy Lorraine
- ☀ Australian Telerobot
- ☀ NASA Space Telerobotics program

# “Miabot Arena”

Diffusion d'images et controle de camera - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Address <http://smlini.univ-brest.fr/v1.6/Miabot/telecontrol.html>

Application developed by the LIRIS Team - Univ. de Bretagne Occidentale - Brest (France)  
Welcome on our server. You are connected with the ID 0.

Temps de réponse (ms) 110  
Évaluation en distance (m) 0.141

Quit ASX CONTROL

Move and Rotate Distance Backup Movement Speed

Forward Left Right Backward

Turning Degree

Camera control panel (clickable fixed image)

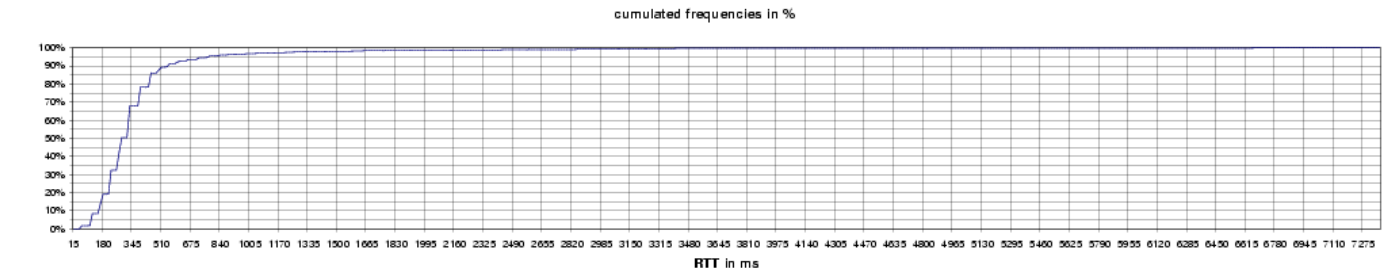
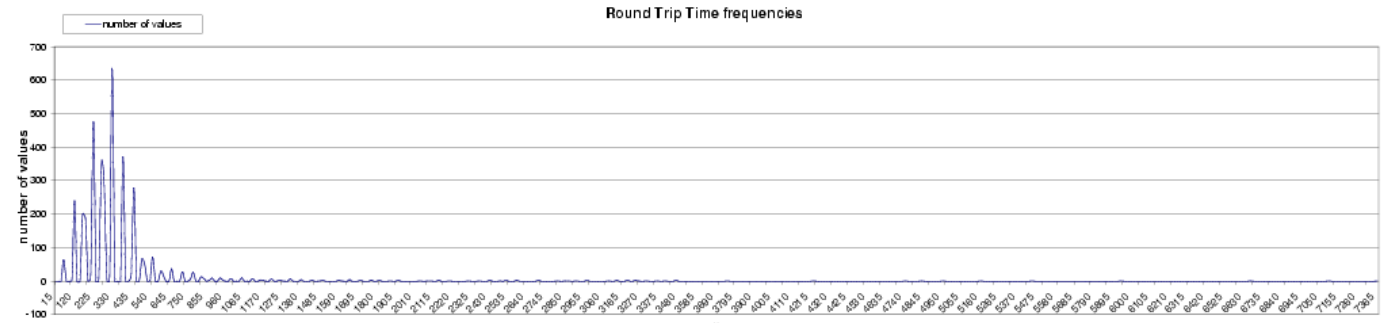
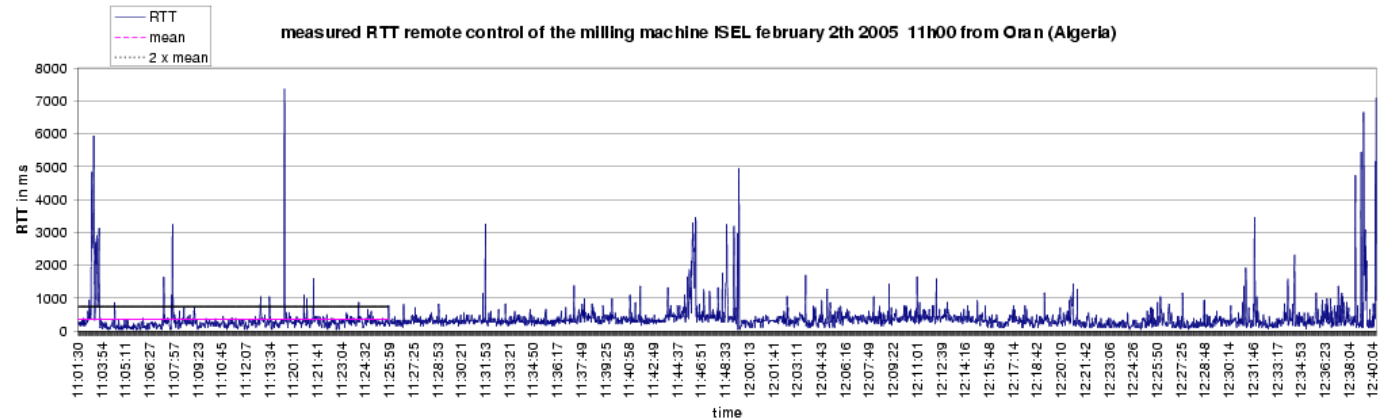
Fan (110, 110) 0 View (-75, 25) 0 Zoom (1, 110) 1

Miabot Arena Point 2 Point 0 Point 4

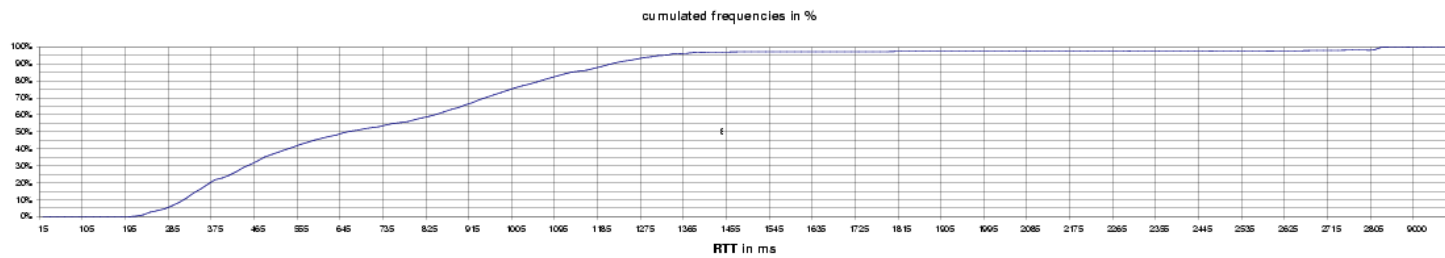
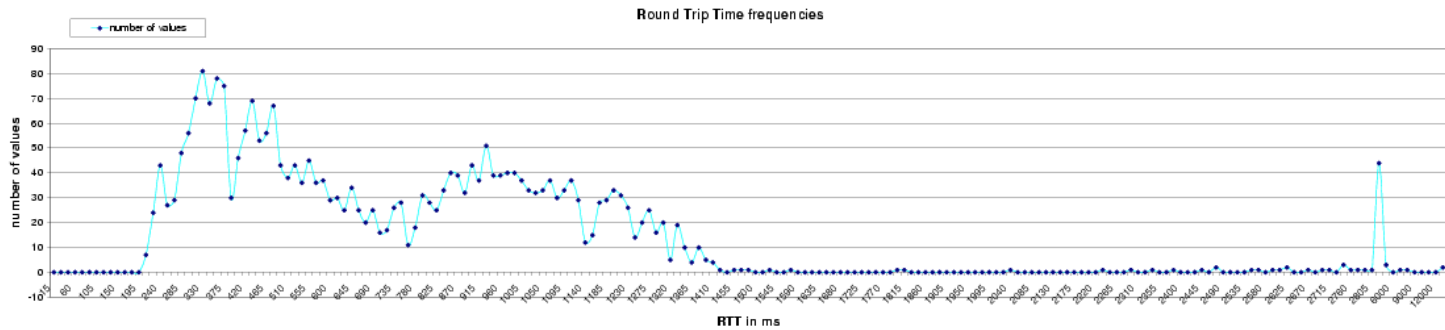
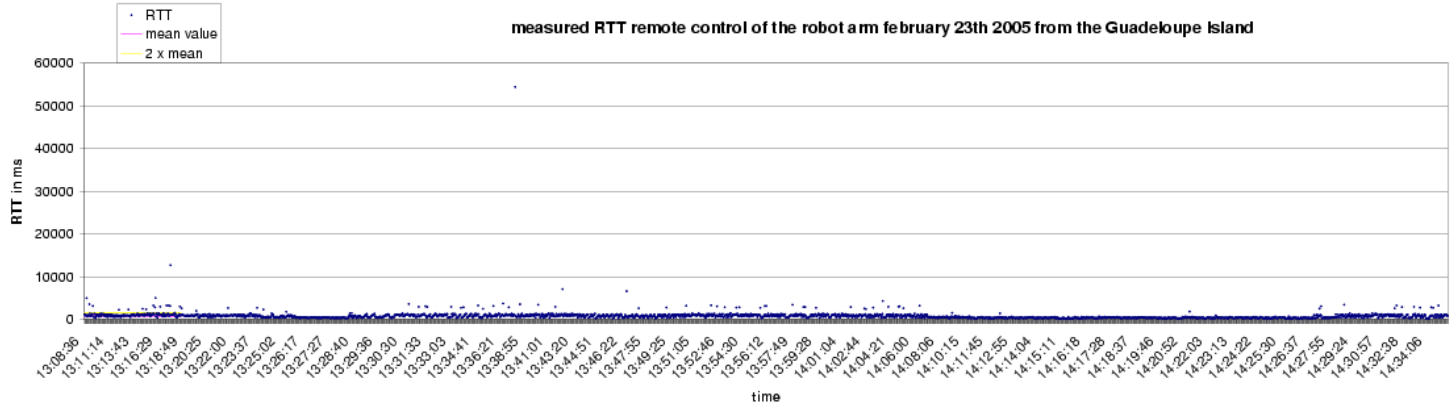
Applet JavaCanPush started

Internet

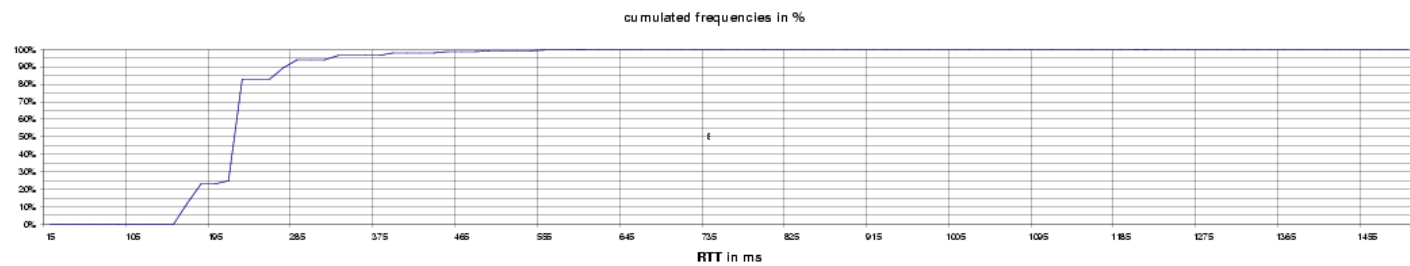
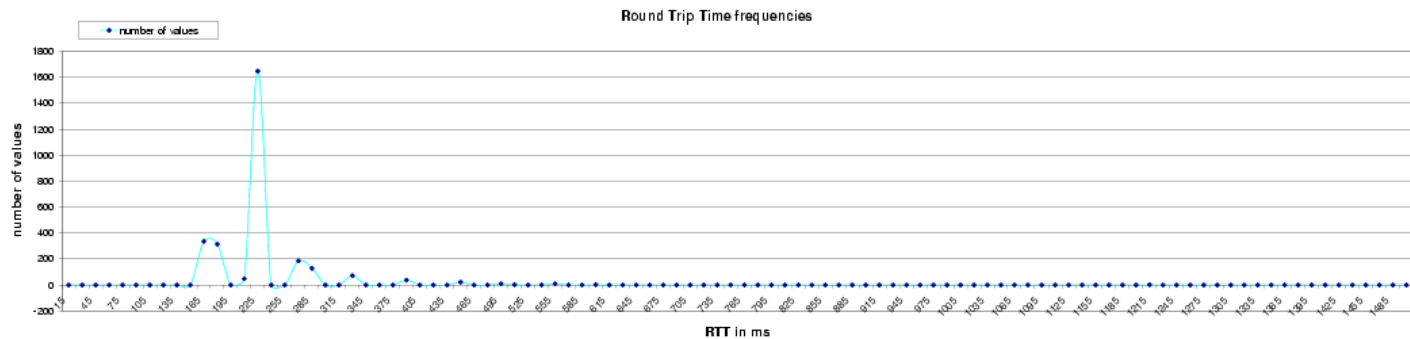
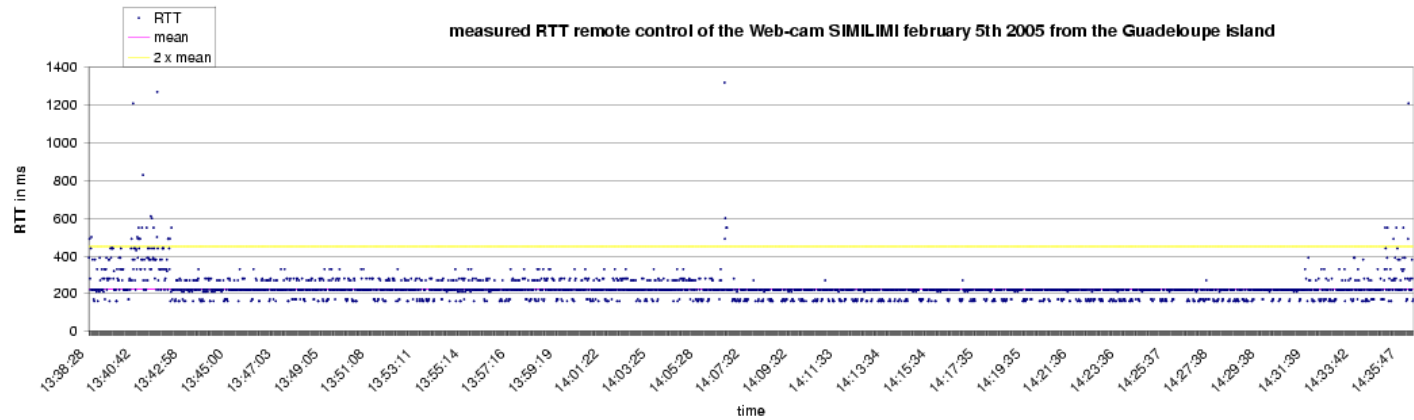
mean value of RTT en ms 373,32  
 standard deviation en ms 433,06  
 minimum en ms 50  
 maximum en ms 7360  
 median en ms 280



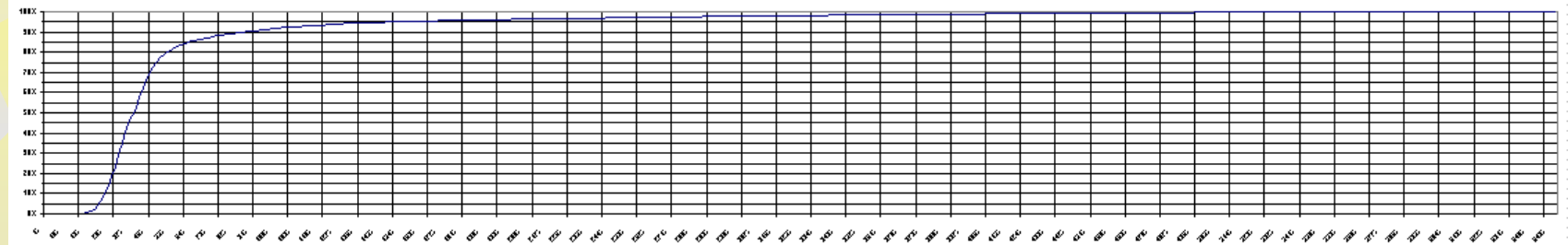
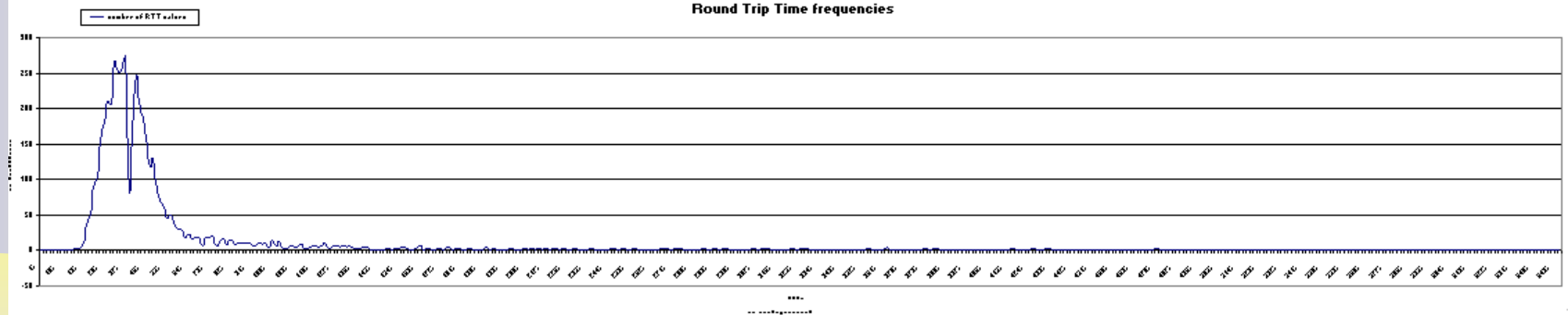
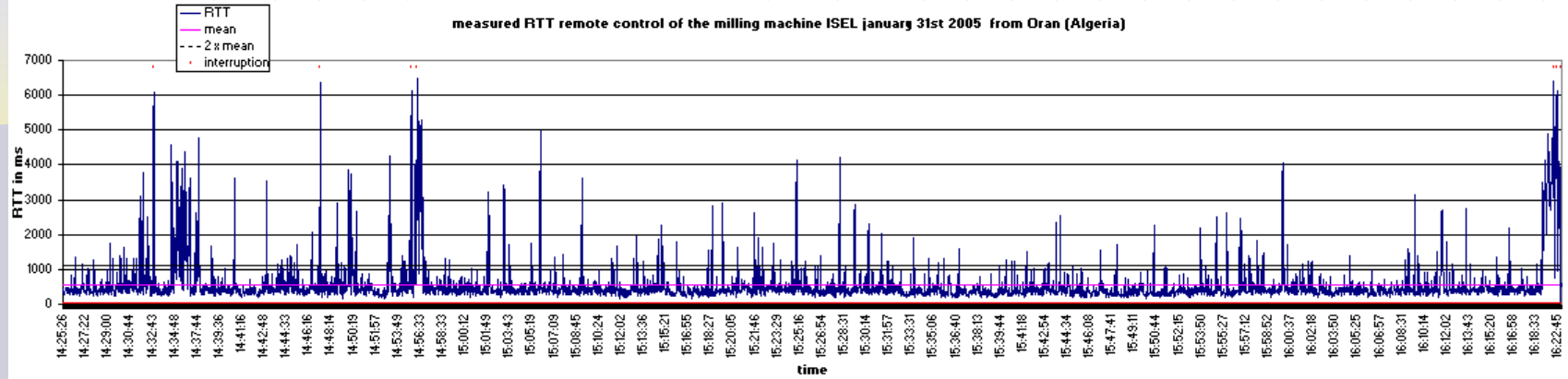
mean of the RTT en ms      785,14  
 standard deviation en ms    1162,46  
 minimum en ms              203  
 maximum en ms              54453  
 median en ms                657



mean of the RTT en ms      224,68  
 standard deviation en ms    68,36  
 minimum en ms                160  
 maximum en ms                1320  
 median en ms                  220



mean of the RTT in ms	566,20	number of interruptions	10
standard deviation en ms	654,19	whole length of the interruptions	108,45 seconds
minimum en ms	156	whole length of the experiment in seconds	7107,61 seconds
maximum en ms	6500	mean duration of the last ping before interruptio	3305 ms
median in ms	391		





The background features a light blue gradient with several large, semi-transparent yellow gears of various sizes scattered across it. On the left side, there is a vertical decorative bar with a dark, textured background, showing a close-up of interlocking gears in shades of brown, orange, and red.

# ARITI

<http://ariti.ibisc.univ-evry.fr/>

# Australian Telerobot

<http://telerobot.mech.uwa.edu.au/>

# On ligne train

<http://rr.informatik.tu-freiberg.de/index.php?con=home&sel=&lang=eng&js=1&>

# On line TP

<http://www.tpline.fr/>

# AIP

<http://www.aip-primeca.net/>

## AIP Lorraine

<http://www.aip-primeca.net/PôleAIPPRIMECALorraine/tabid/134/Default.aspx>

## Robot vision

<http://www.aip-primeca.net/Portals/0/Robotique-Vision.pdf>

## Tele maintenance

<http://www.aip-primeca.net/Portals/0/Telma%20.pdf>



# NASA

## Space Telerobotics program

[http://ranier.oact.hq.nasa.gov/telerobotics\\_page/realrobots.html](http://ranier.oact.hq.nasa.gov/telerobotics_page/realrobots.html)

# CONCLUSIONS

**Ability of autonomous decisions**

**Measure of RTT needed**

**Strong energy control**

**Going further**

**Extend the methodology to the mobile robotics**

**(speed control could be instable)**



Any questions ?