

Asservissement et exploitation des essais dans la pratique de la géotechnique



Philippe Reiffsteck - LCPC

Séance Logiciels du CFMS - 22 mai 2003

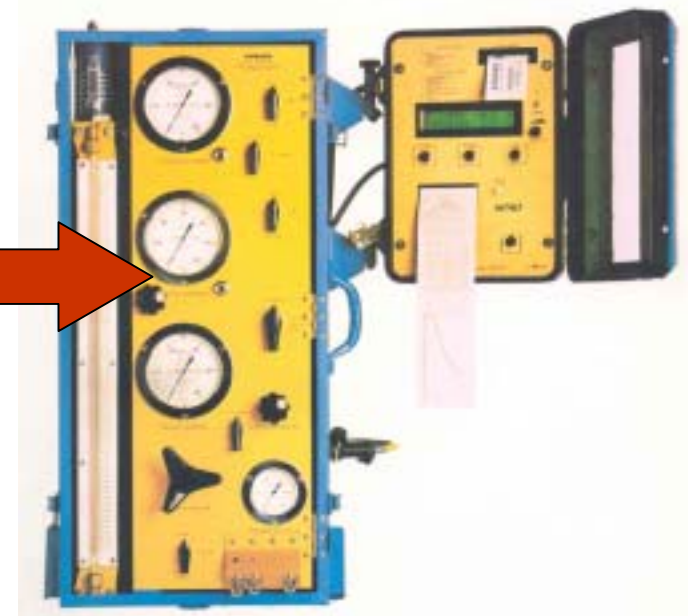
Thèmes abordés dans la présentation

1. Évolution des matériels

2. Essai triaxial

3. Essai pressiométrique

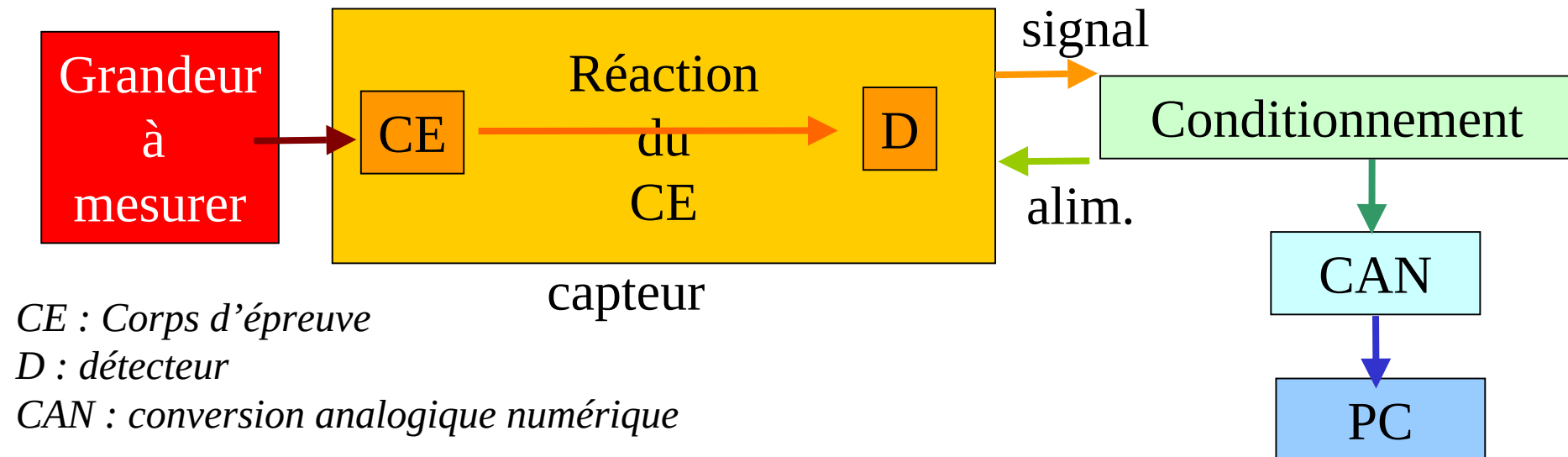
4. Exploitation



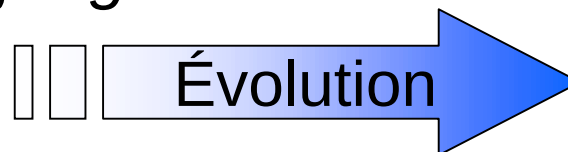
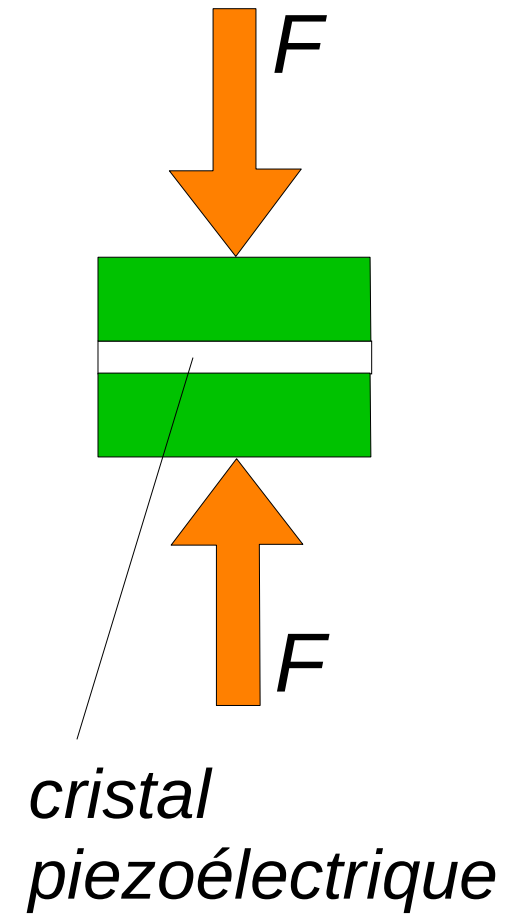
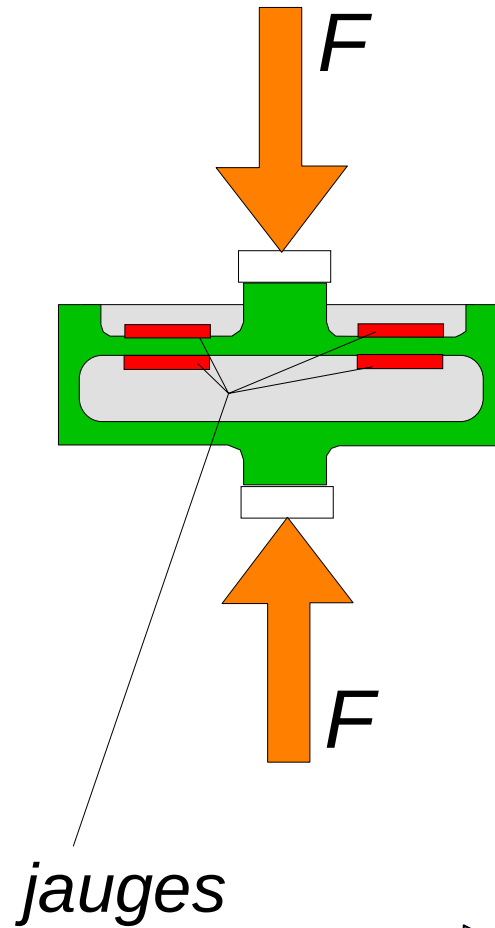
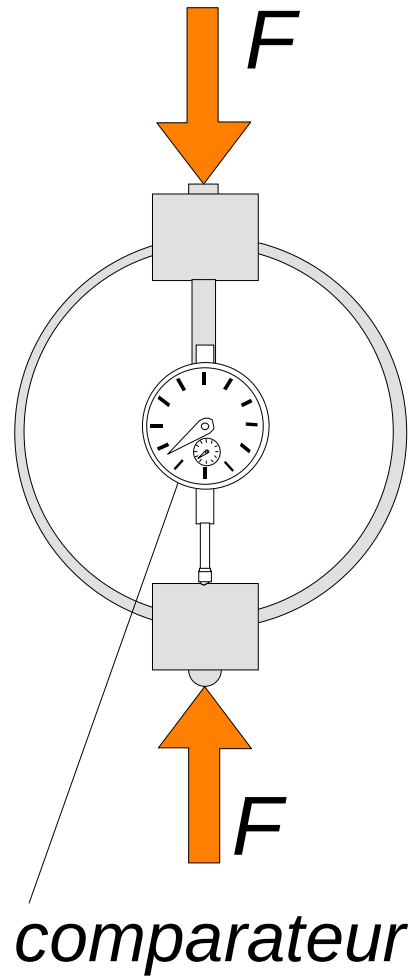
Mesure

👉 Capteurs

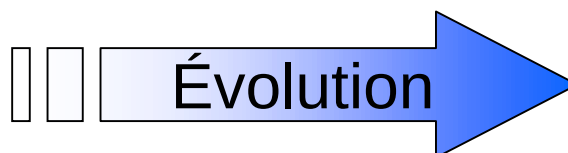
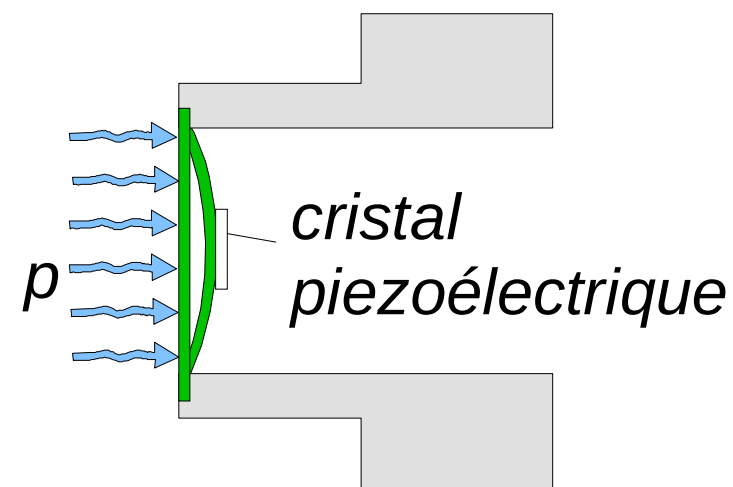
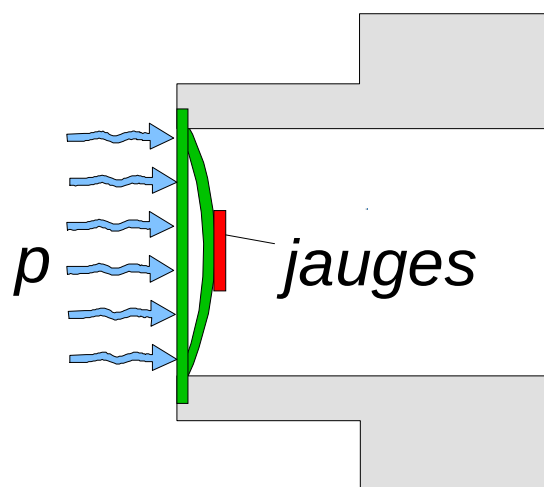
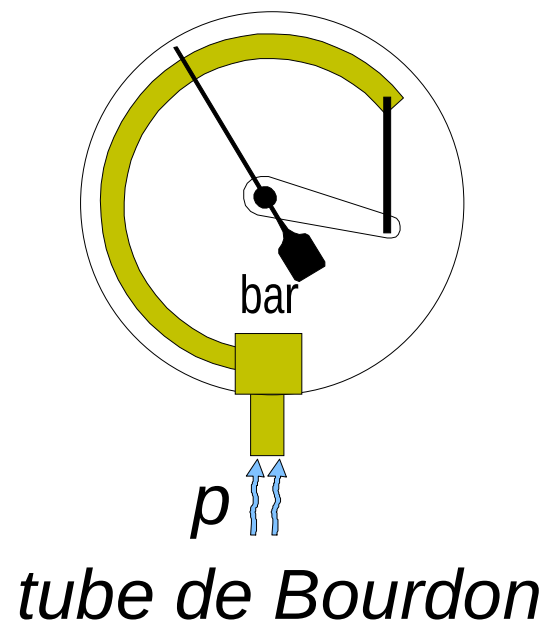
- force
- pression
- déplacement (débit, volume...)



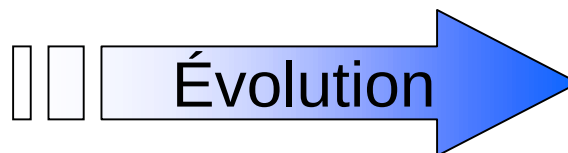
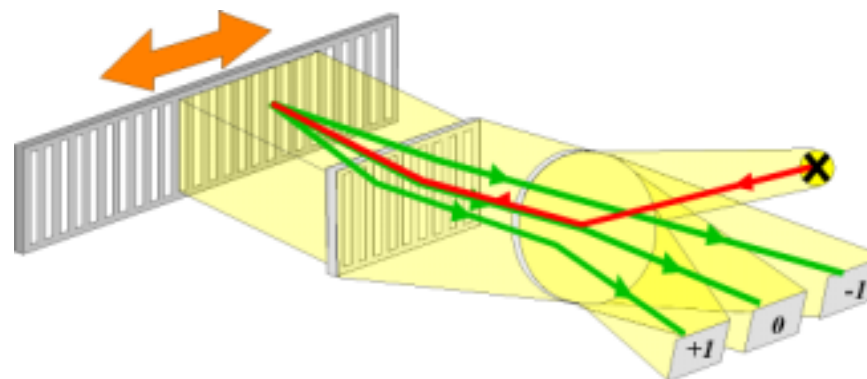
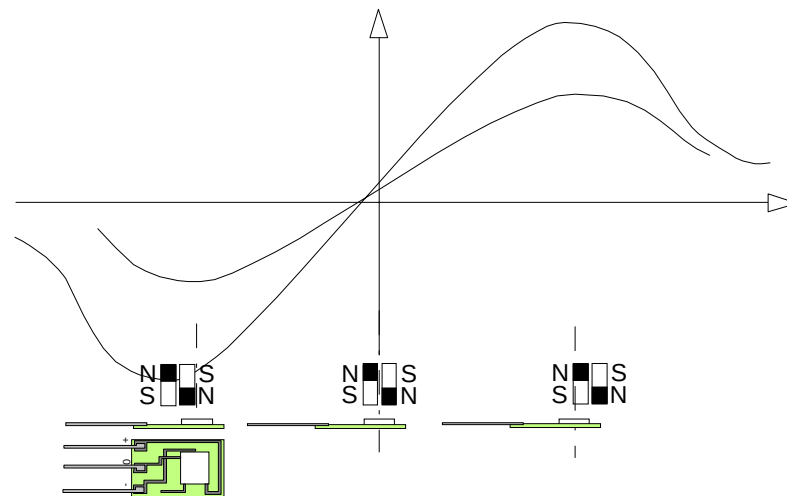
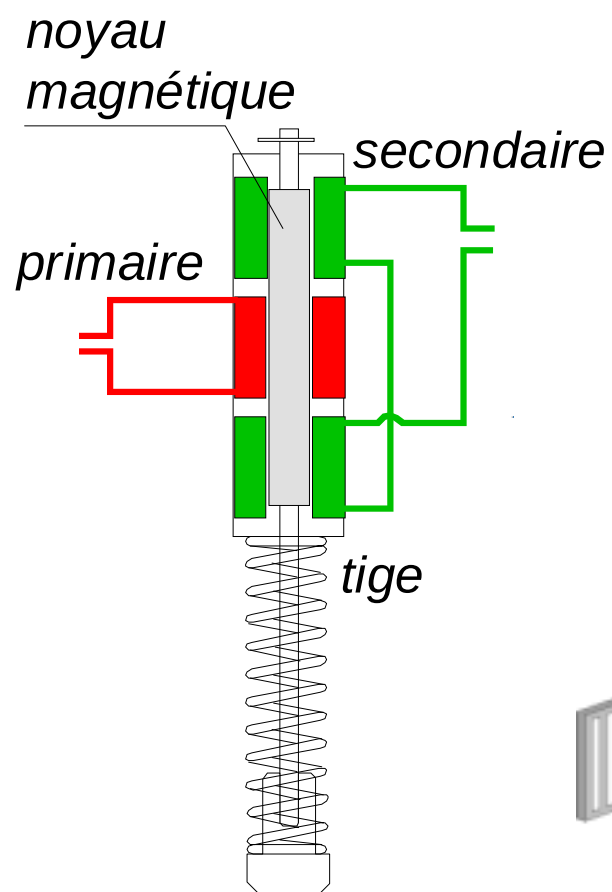
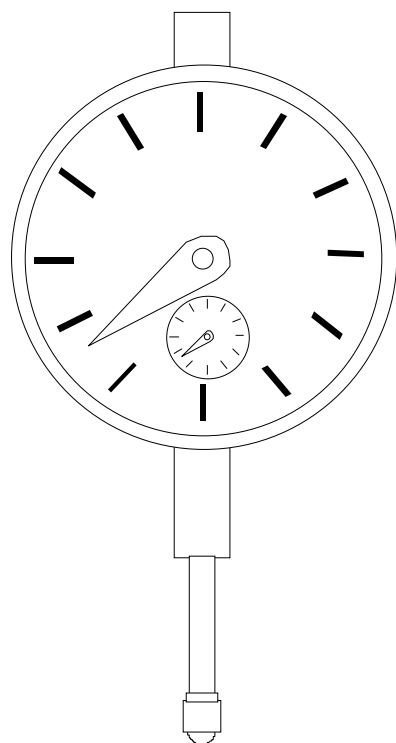
Mesure des efforts



Mesure des pressions

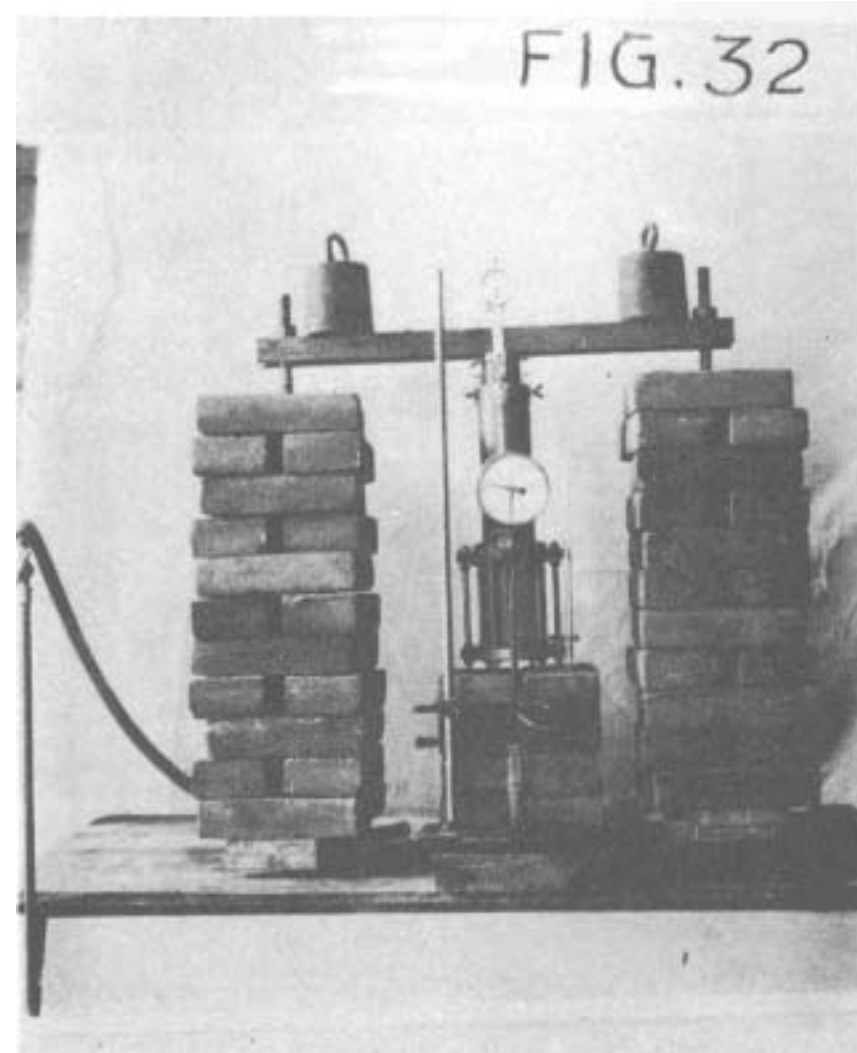
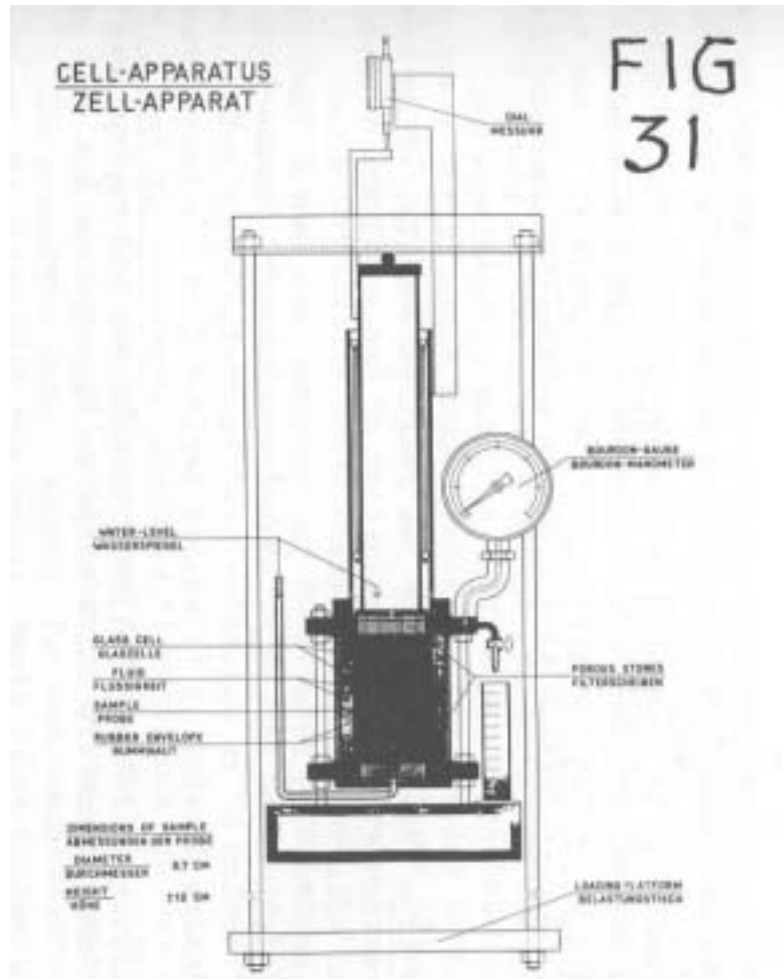


Mesures des déplacements



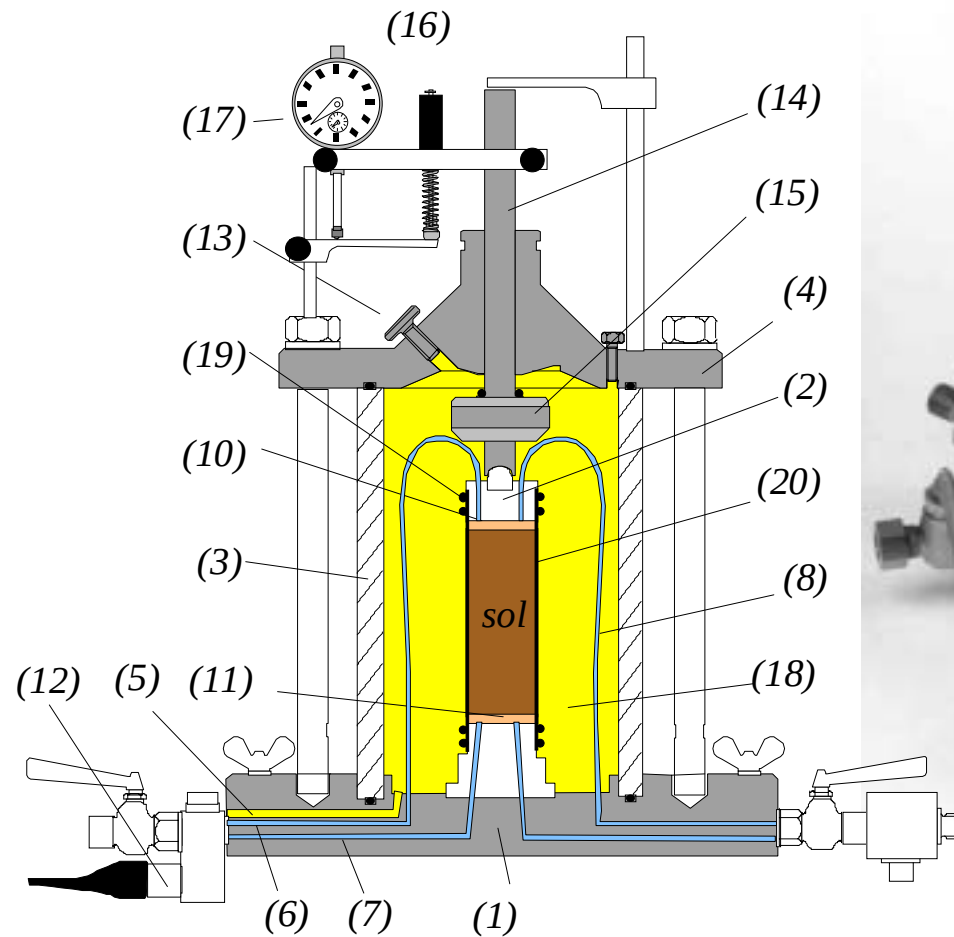
Essais triaxiaux

- Les premiers appareils



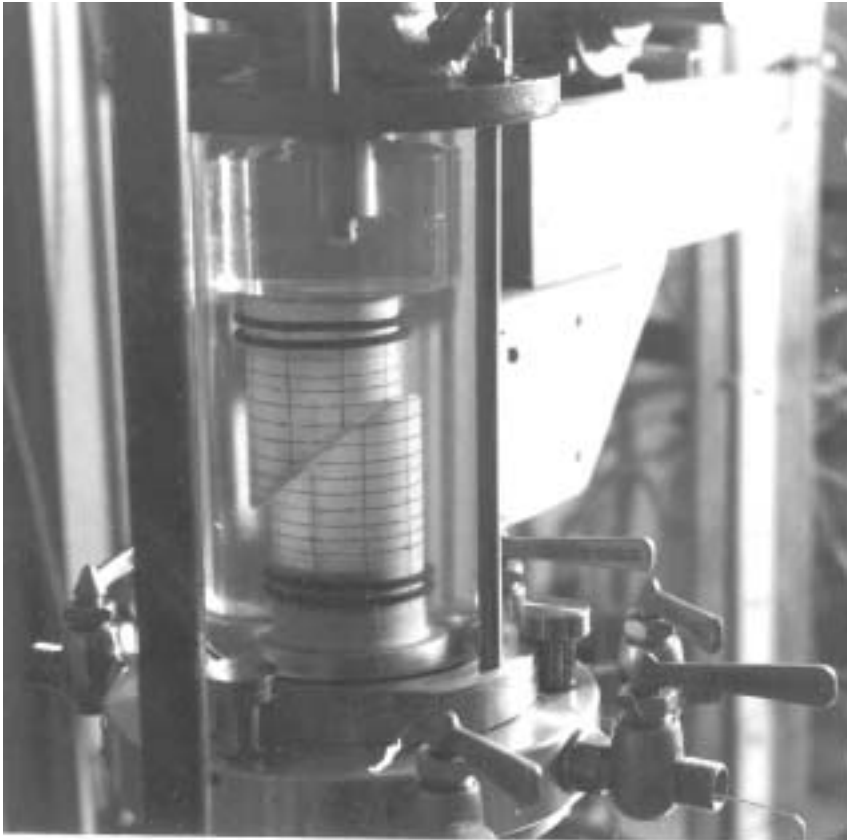
Essais triaxiaux

- Cellule



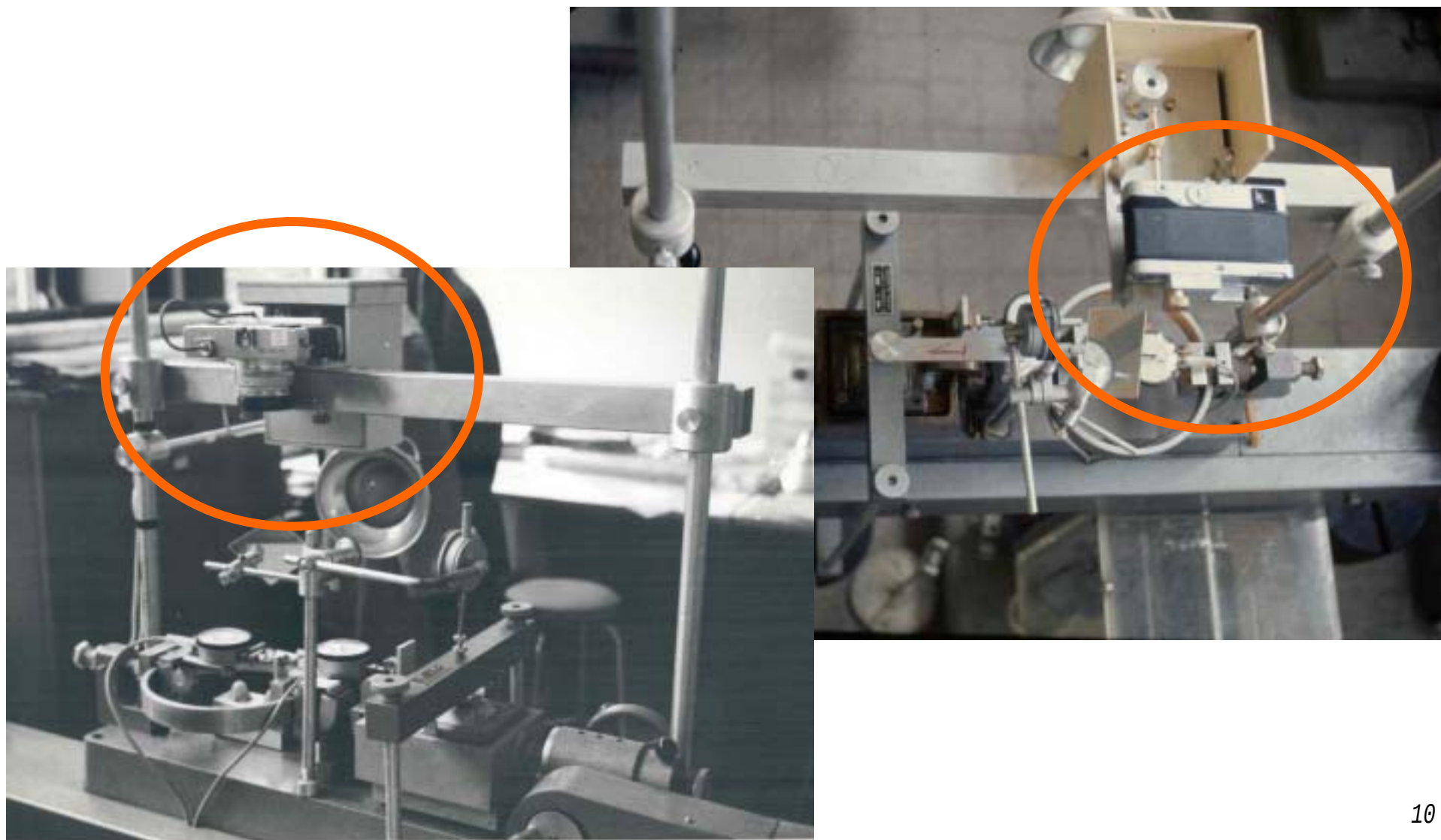
Systèmes d'acquisition

- Acquisition de déplacements = acquisition visuelle



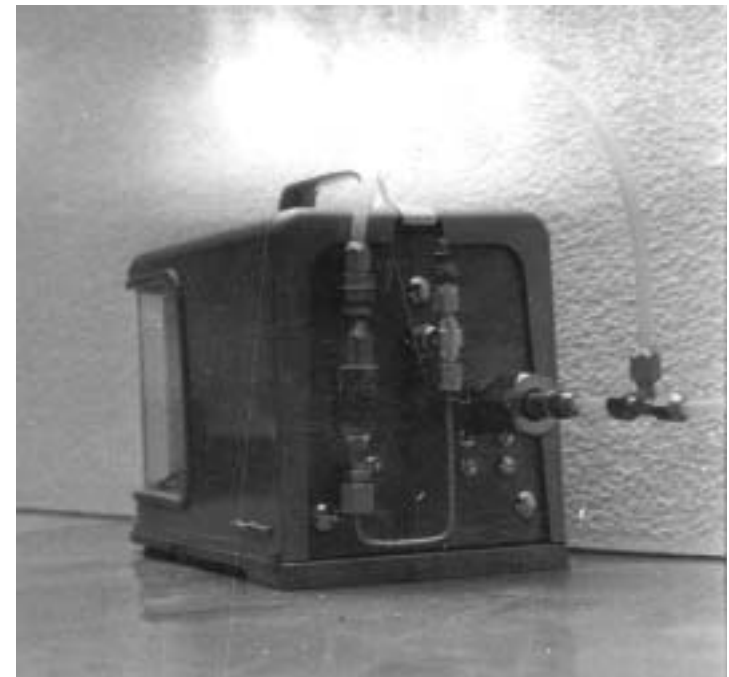
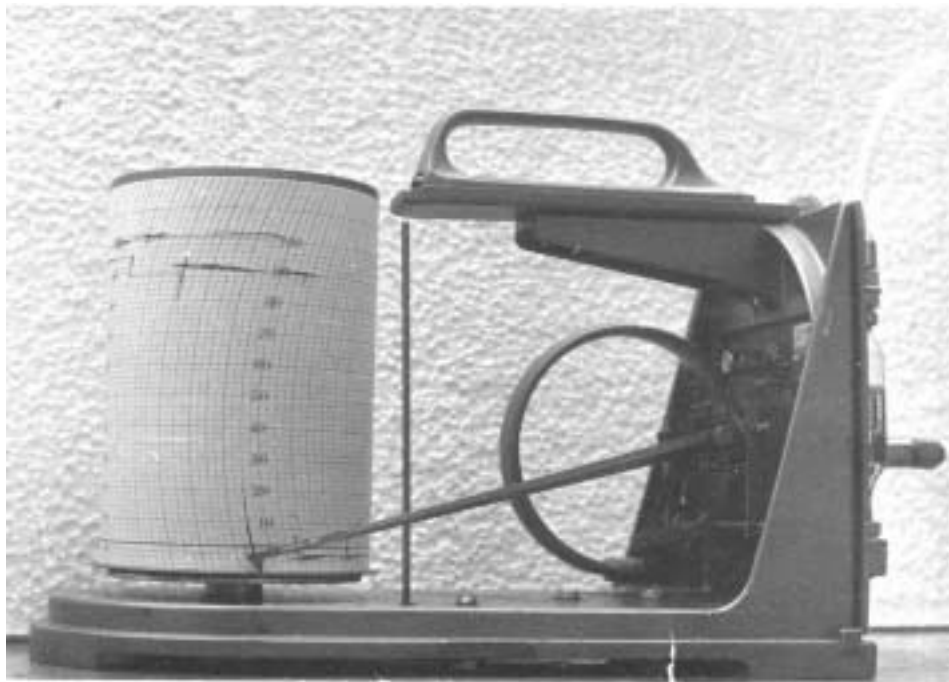
Systèmes d'acquisition

- Acquisition de déplacements = acquisition visuelle automatisée



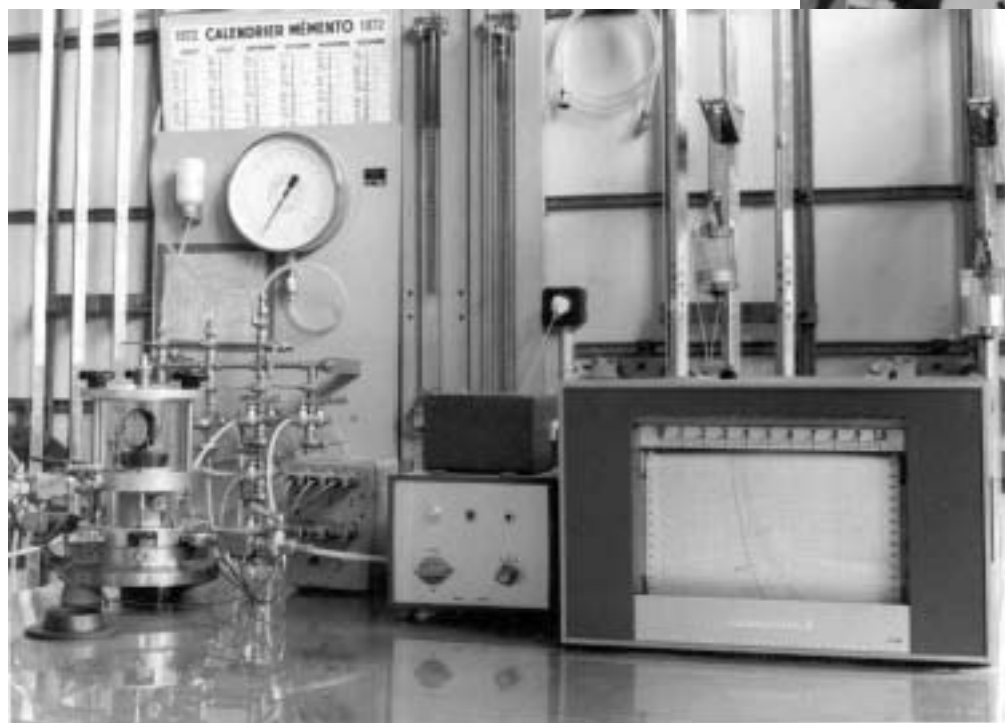
Systèmes d'acquisition

- Acquisition de pressions = acquisition automatisée



Systemes d'acquisition

- Acquisition de déplacements par traceurs XY



Essais triaxiaux

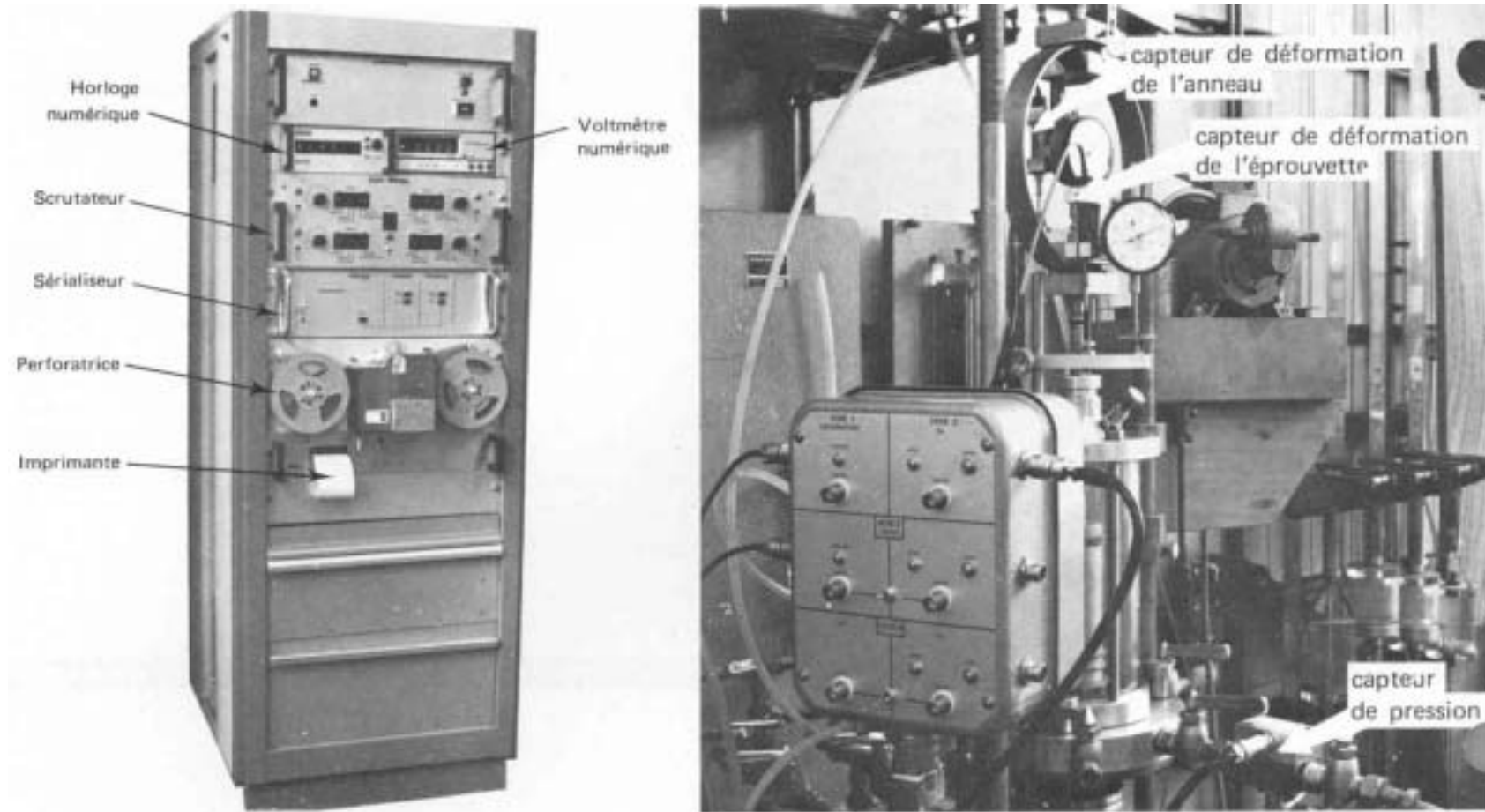
- Les premiers systèmes à acquisition automatique

M&O



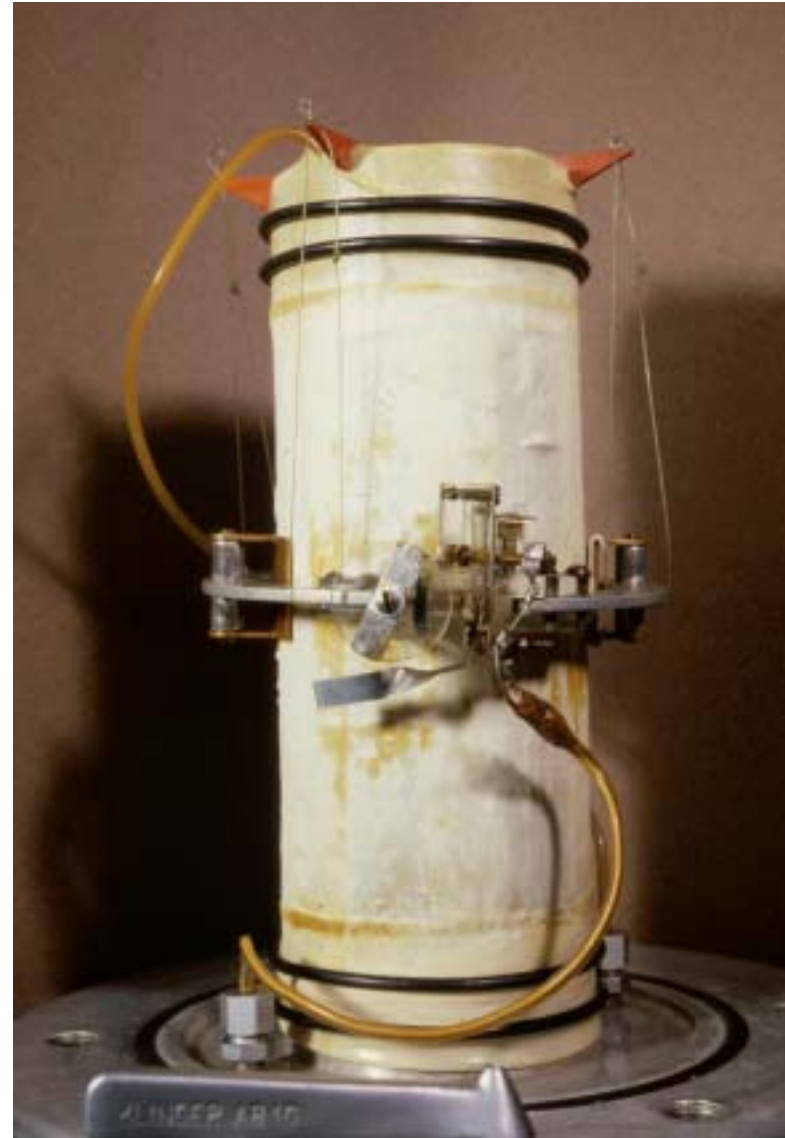
Essais triaxiaux

- Années 75 : système à acquisition automatique du LCPC



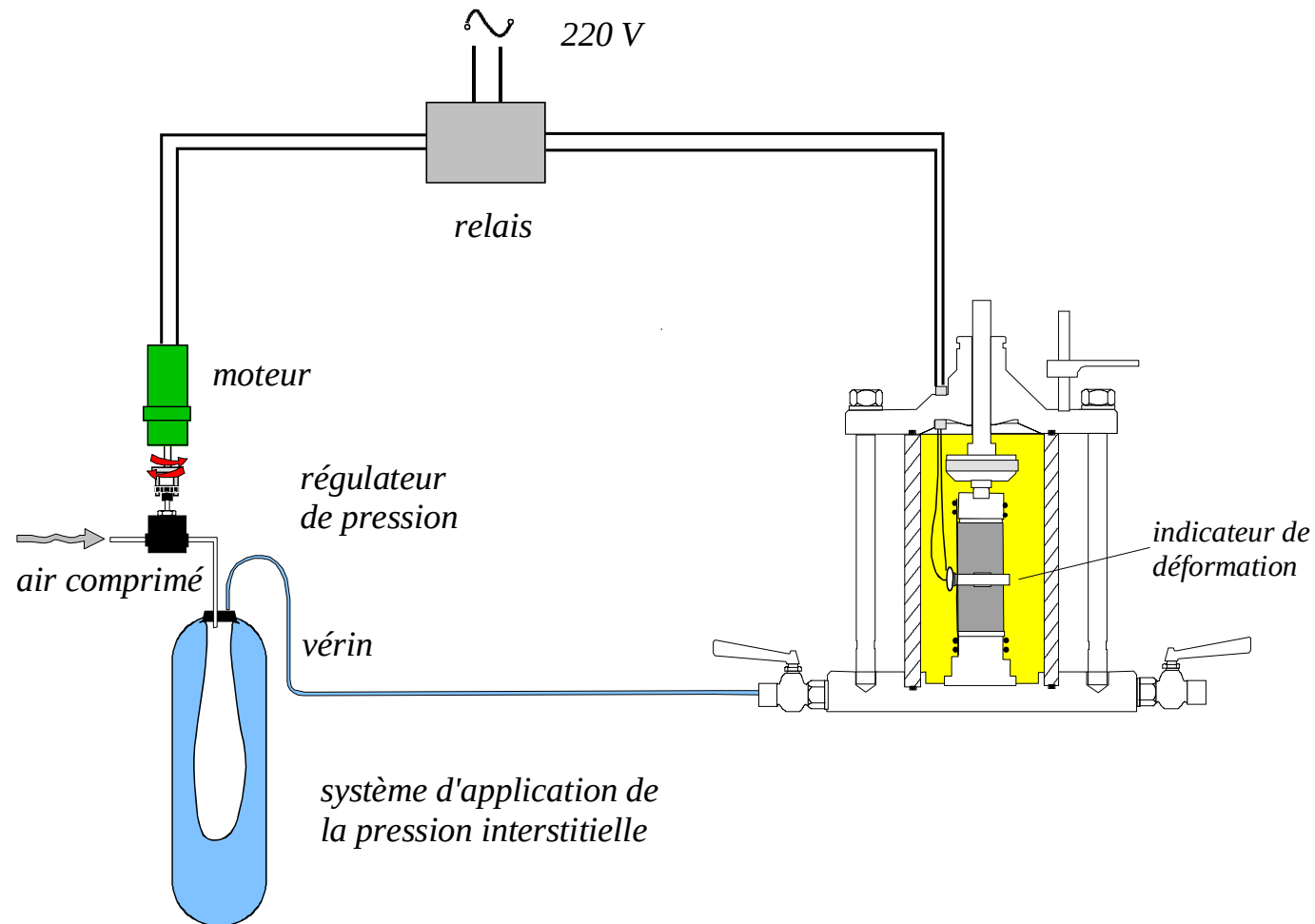
Systèmes d'asservissement

- Système d'asservissement à relais



Systèmes d'asservissement

- Système d'asservissement à relais = régulateur proportionnel

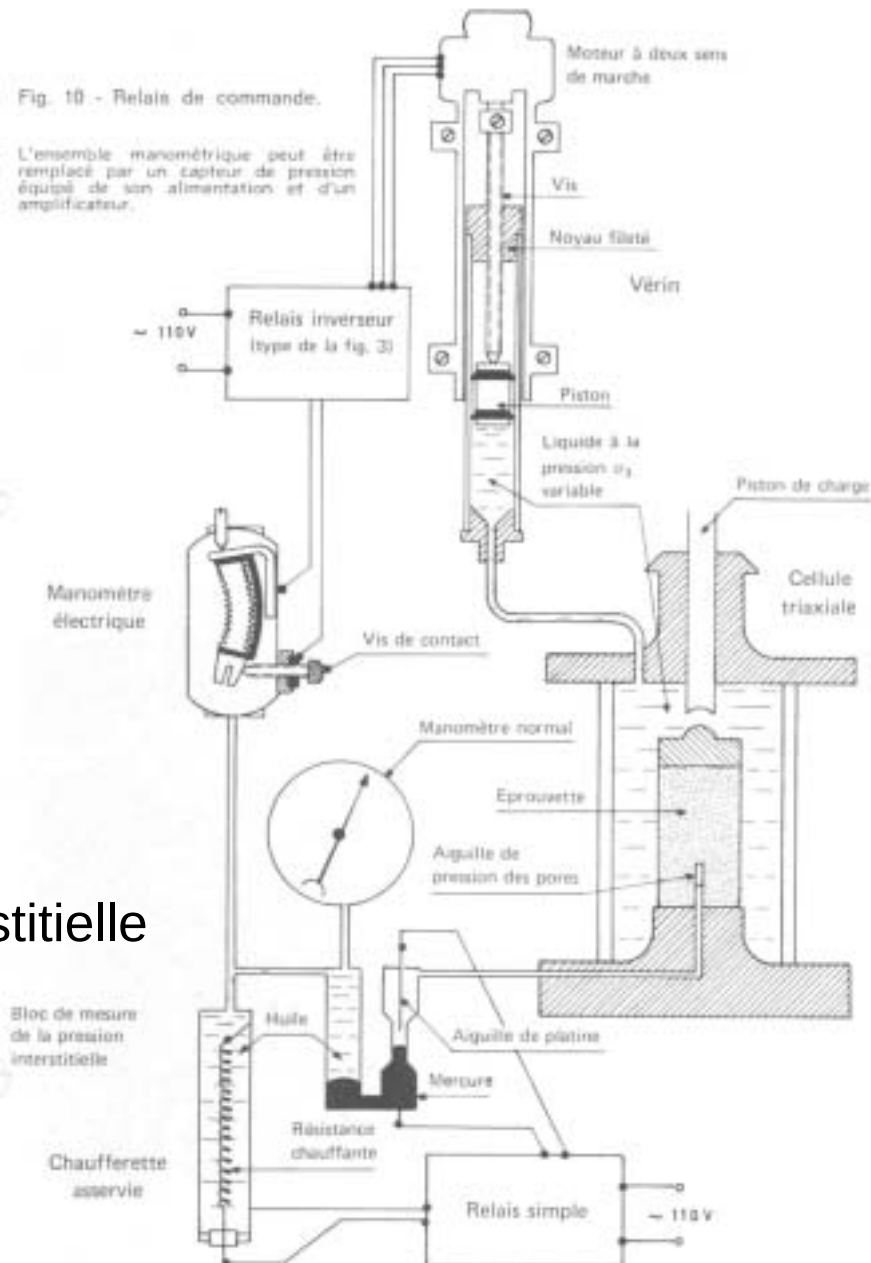


Systèmes d'asservissement

- Mécasol, 1972

Système d'asservissement à relais = **régulateur proportionnel**

Pression interstitielle



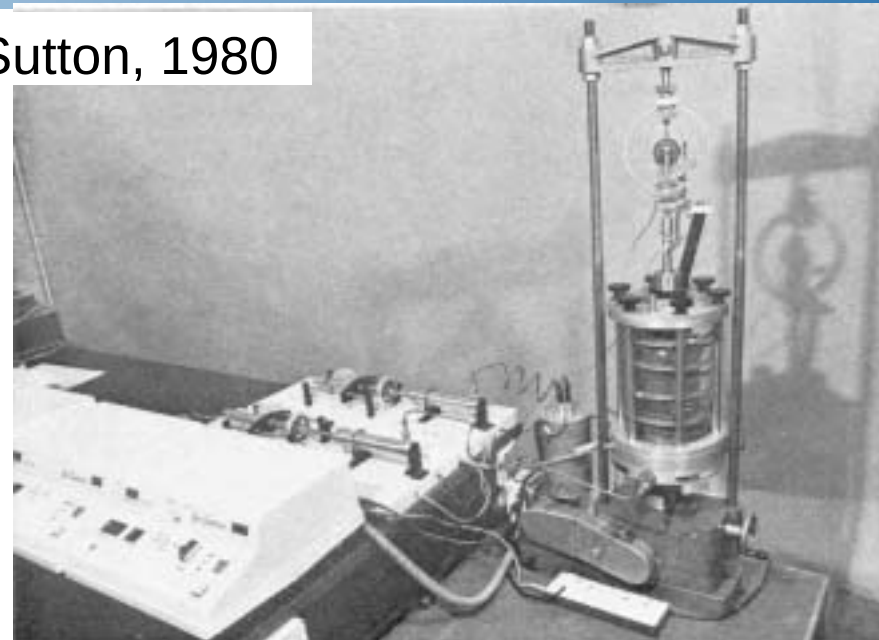
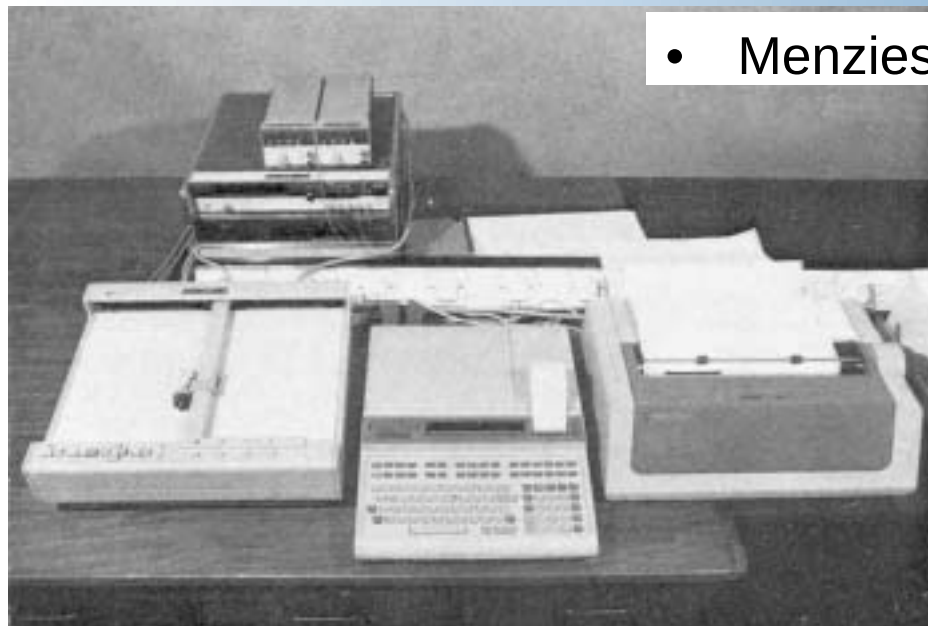
Systèmes d'asservissement

- Années 80 : les premiers ordinateurs avec système d'exploitation en CPM

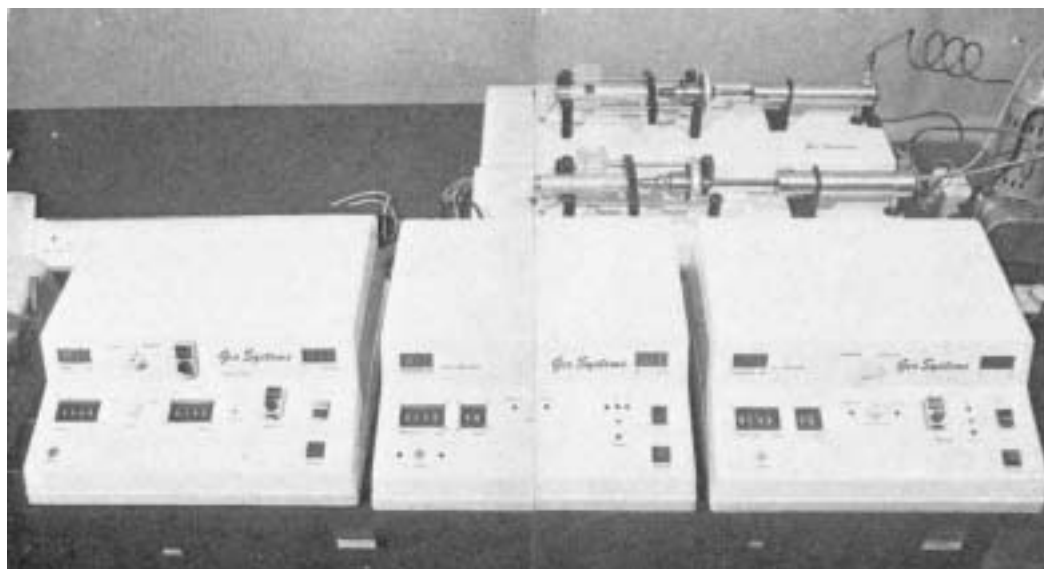


Essais triaxiaux

- Menzies et Sutton, 1980

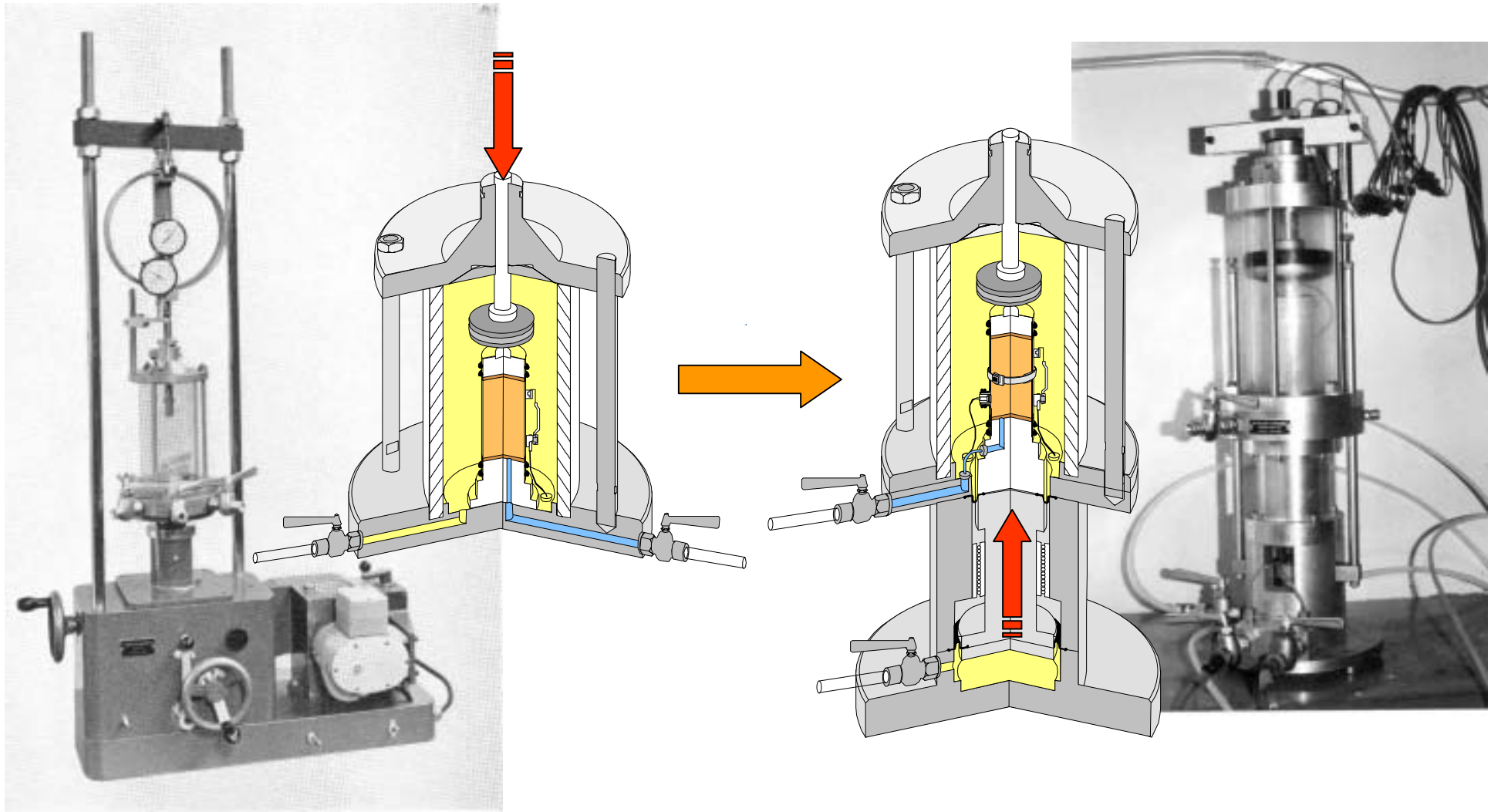


A la même époque
en Angleterre...



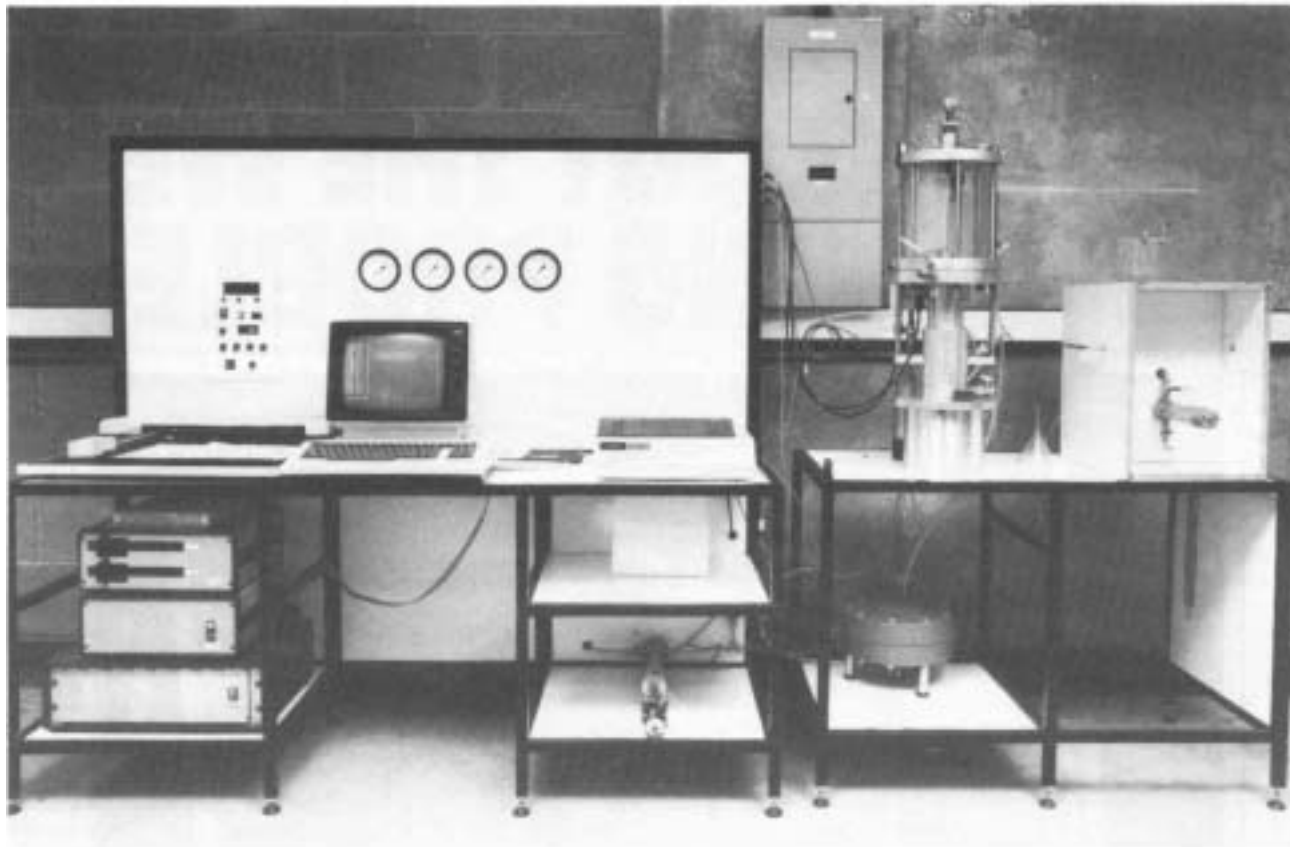
Essais triaxiaux

- Évolution du mode d'application du déviateur



Essais triaxiaux

- Atkinson, Evans, Scott, 1985



Le résultats des développements.

Essais triaxiaux

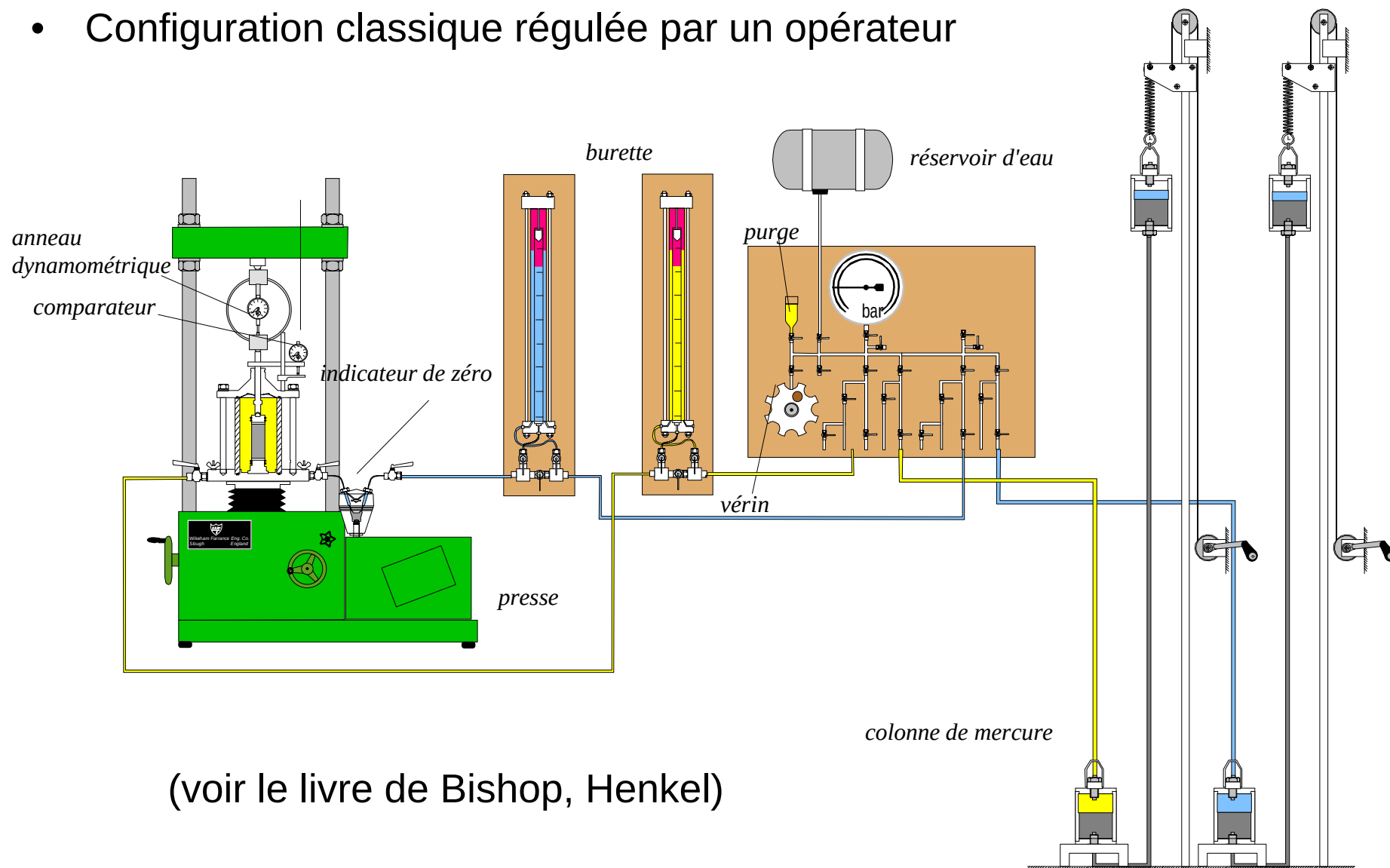
- Les systèmes asservis actuels



Appareils de marque GDS au laboratoire de mécanique des sols du LCPC

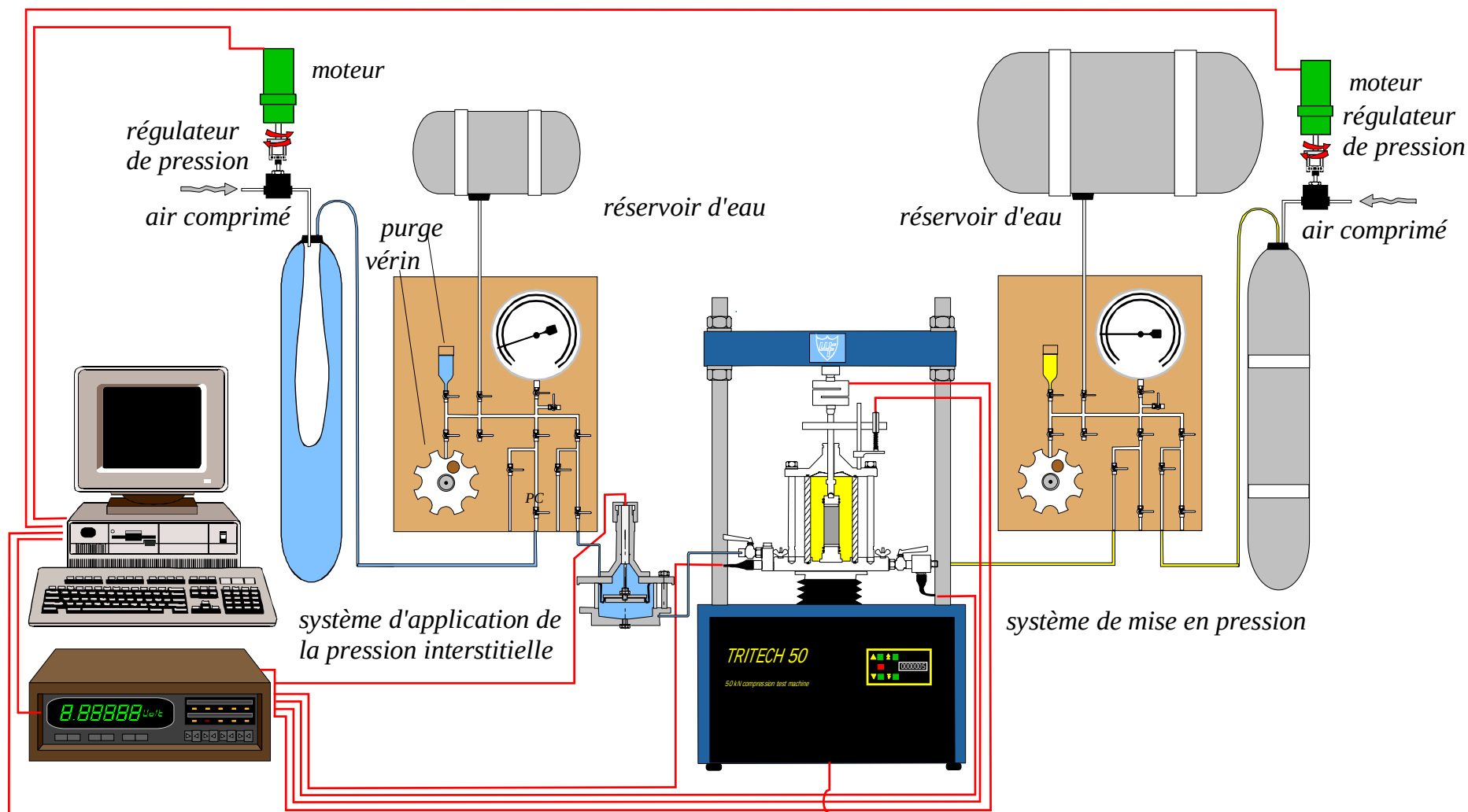
Essais triaxiaux

- Configuration classique réglée par un opérateur



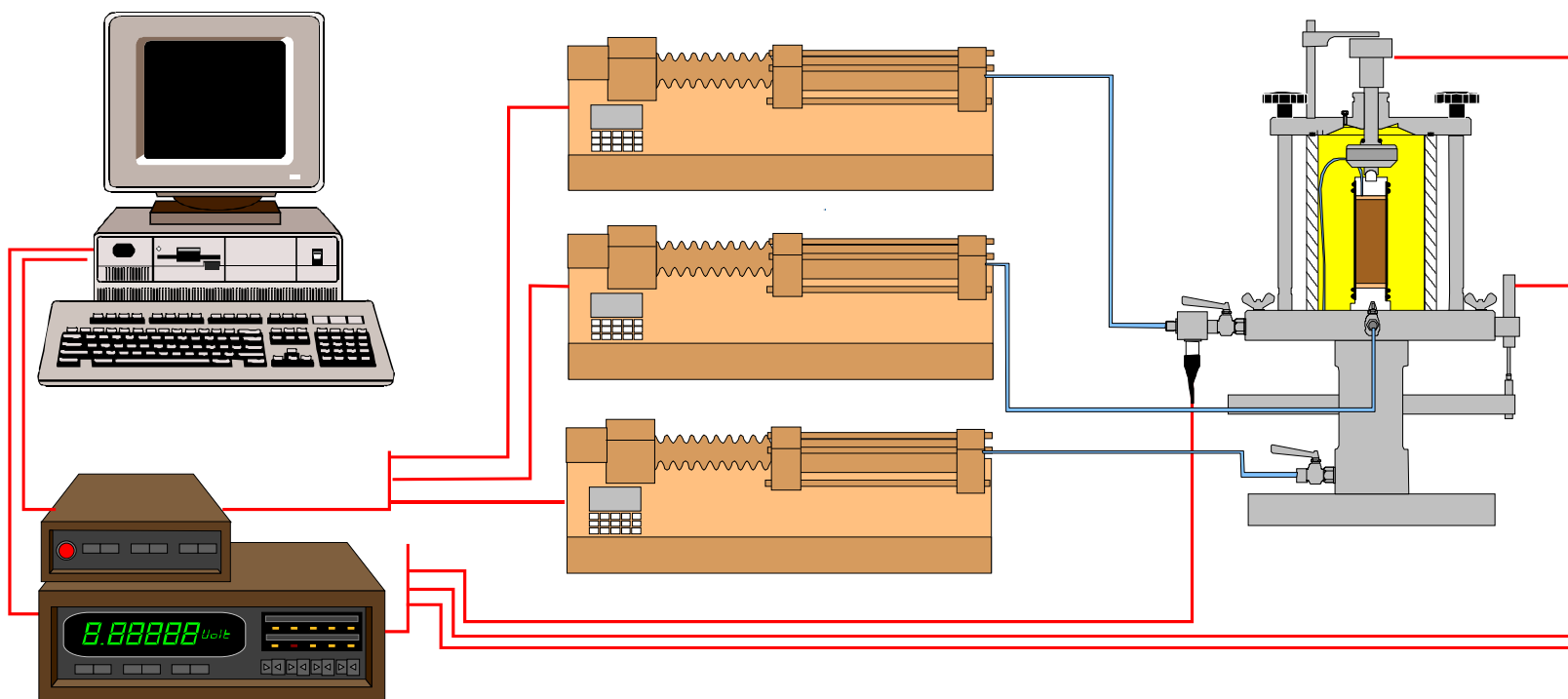
Essais triaxiaux

- Configuration classique asservie



Essais triaxiaux

- Configuration asservie
avec asservissements délocalisés au niveau des CPV



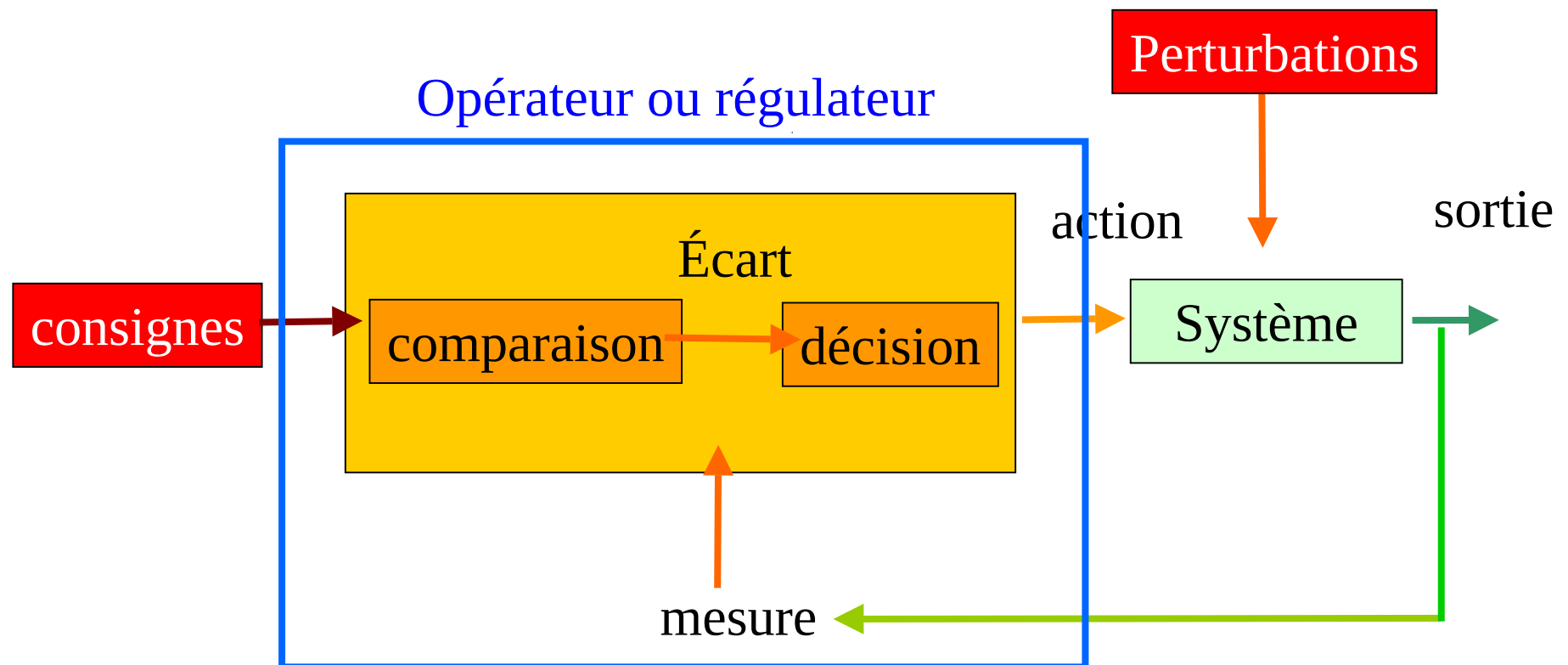
Asservissement

👉 Qu'est-ce qu'un système asservi ?

C'est un système assurant des fonctions de mesure, de surveillance, de prise de décision et d'action.

Asservissement

- système
- consigne
- perturbations
- mesures



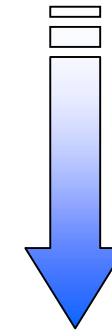
Asservissement

👉 Objectif

- Exécution automatique et fidèle des consignes en toute sécurité

👉 Matériel utilisé

- régulateur monobloc analogique et numérique
- système numérique de contrôle, commande de procédé = automate
- opérateur de calcul arithmétique et dynamique = ordinateur



Gestion
centralisée

👉 Technique

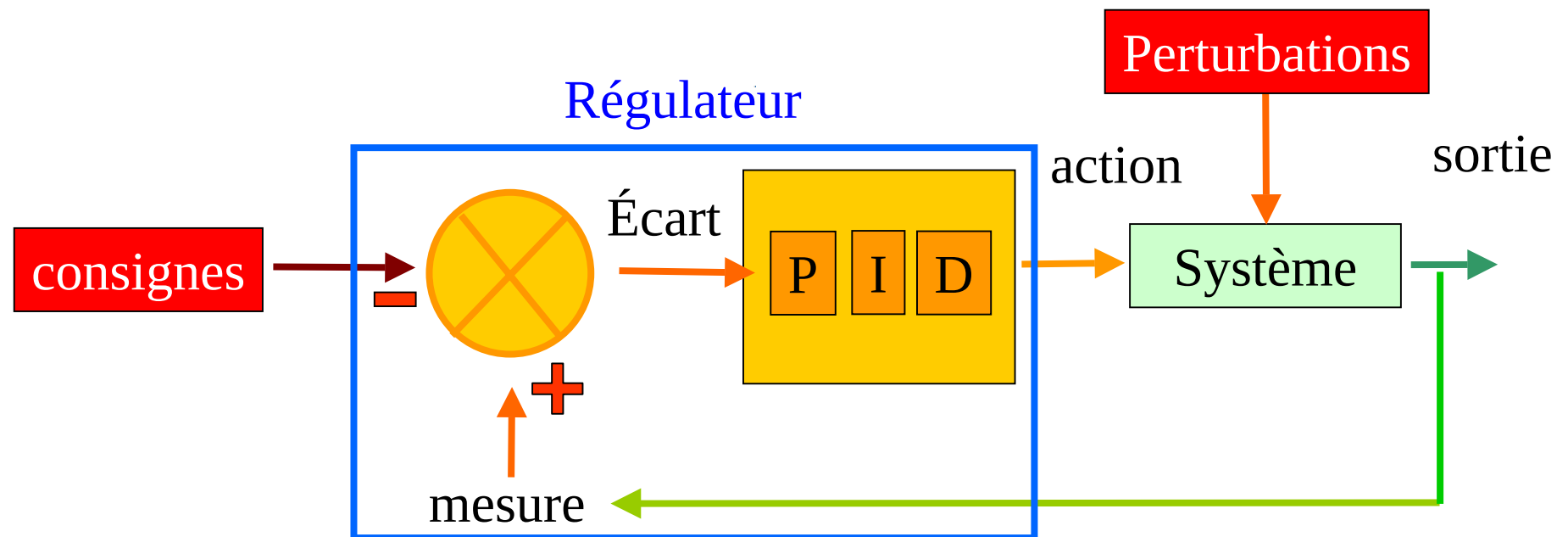
- régulation en boucle fermée
- régulation discontinue
- régulation par modèle de référence

Car essai de mécanique des sols non linéaire (le principe de superposition ne s'applique pas)

Asservissement

☞ L'existence de ces boucles peut provoquer l'apparition de phénomènes oscillatoires

- échantillonnage rapide / phénomène
- utilisation de régulation de type PID

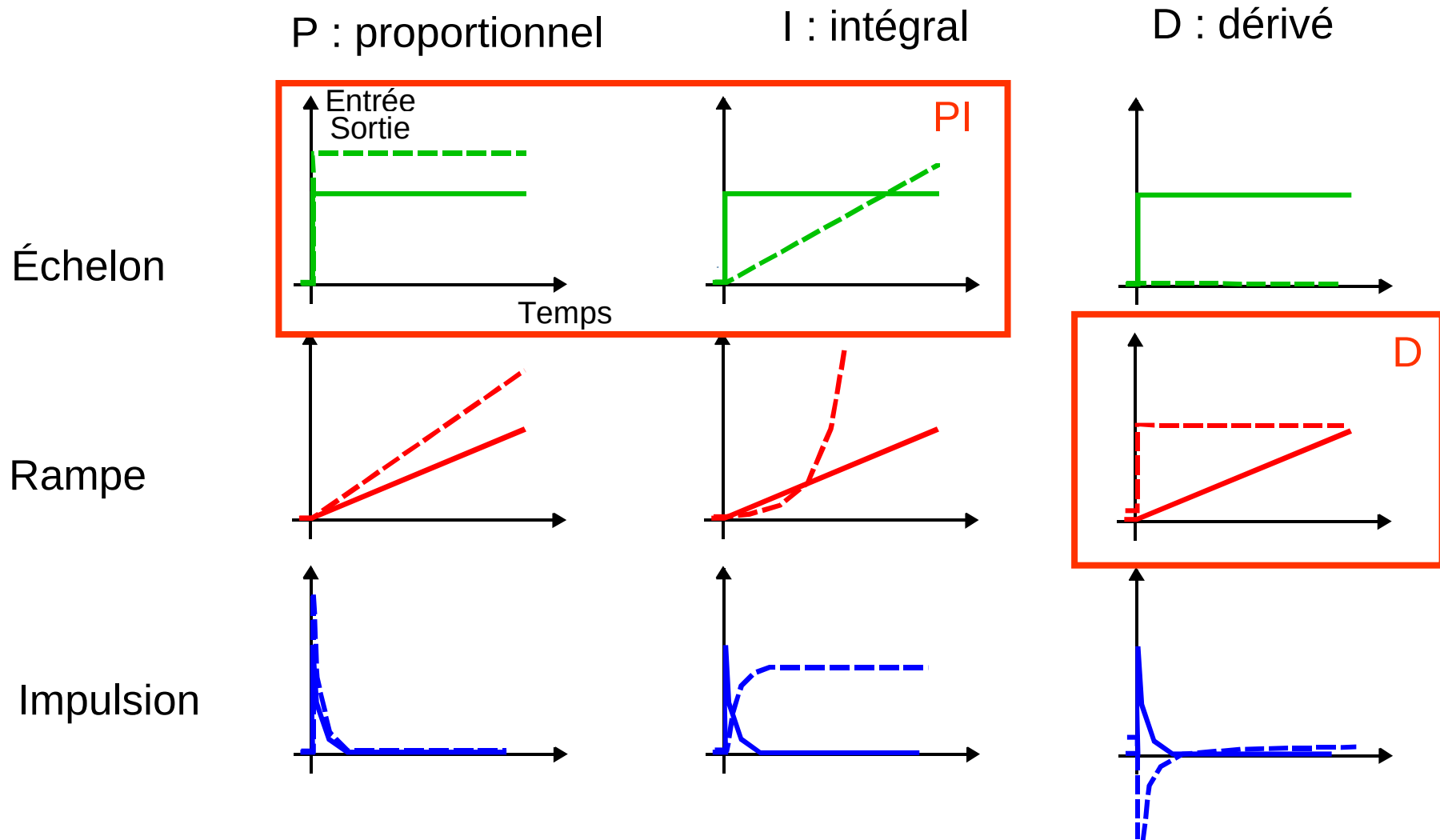


PID : proportionnel intégral dérivé

Asservissement

Entrée = écart entre mesure et consigne (par exemple écart de pression)

Sortie = action de rattrapage



Asservissement

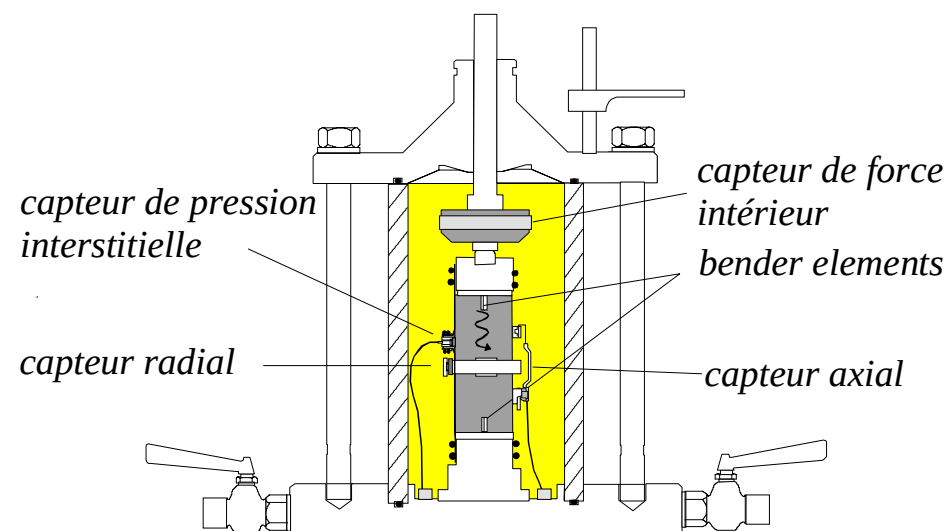
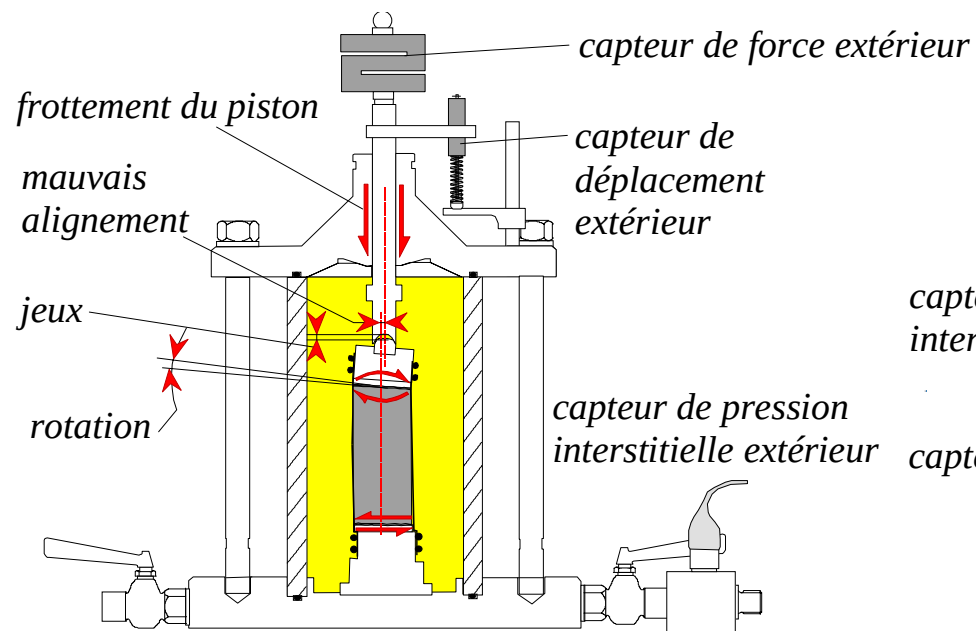
Structure

- série
- parallèle
- mixte

Logiciel

- programmation facile

Asservissement



Diminution des efforts parasites : jeux, frottements



amélioration de l'asservissement

La solution : l'instrumentation locale

Logiciel d'asservissement

Logiciel d'asservissement

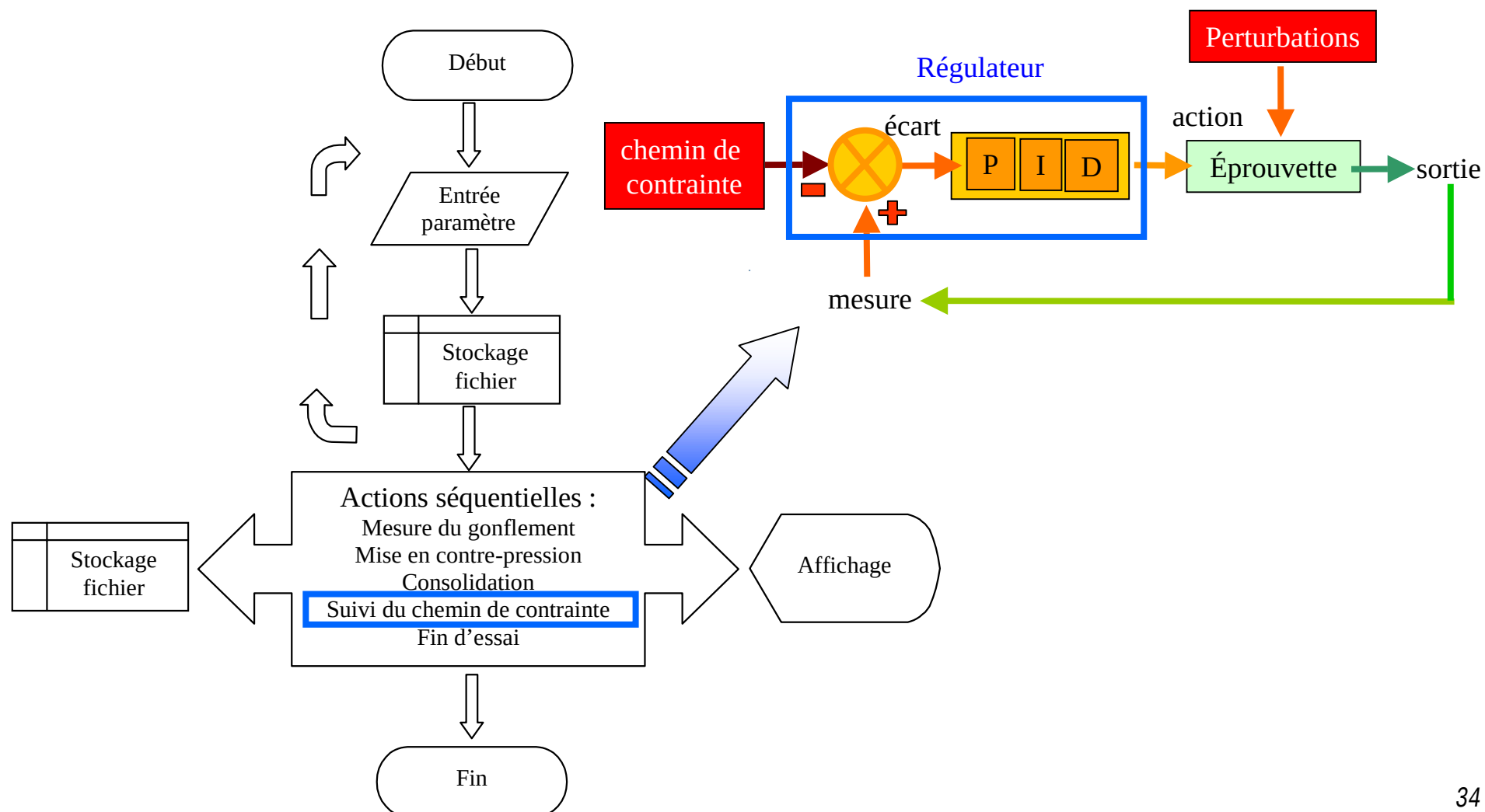
- Fortran
- Visual basic, Visual C++, Delphi
- HPVee, Labview, LabWindows CVI, WinDev, DASYLab
- Catman,



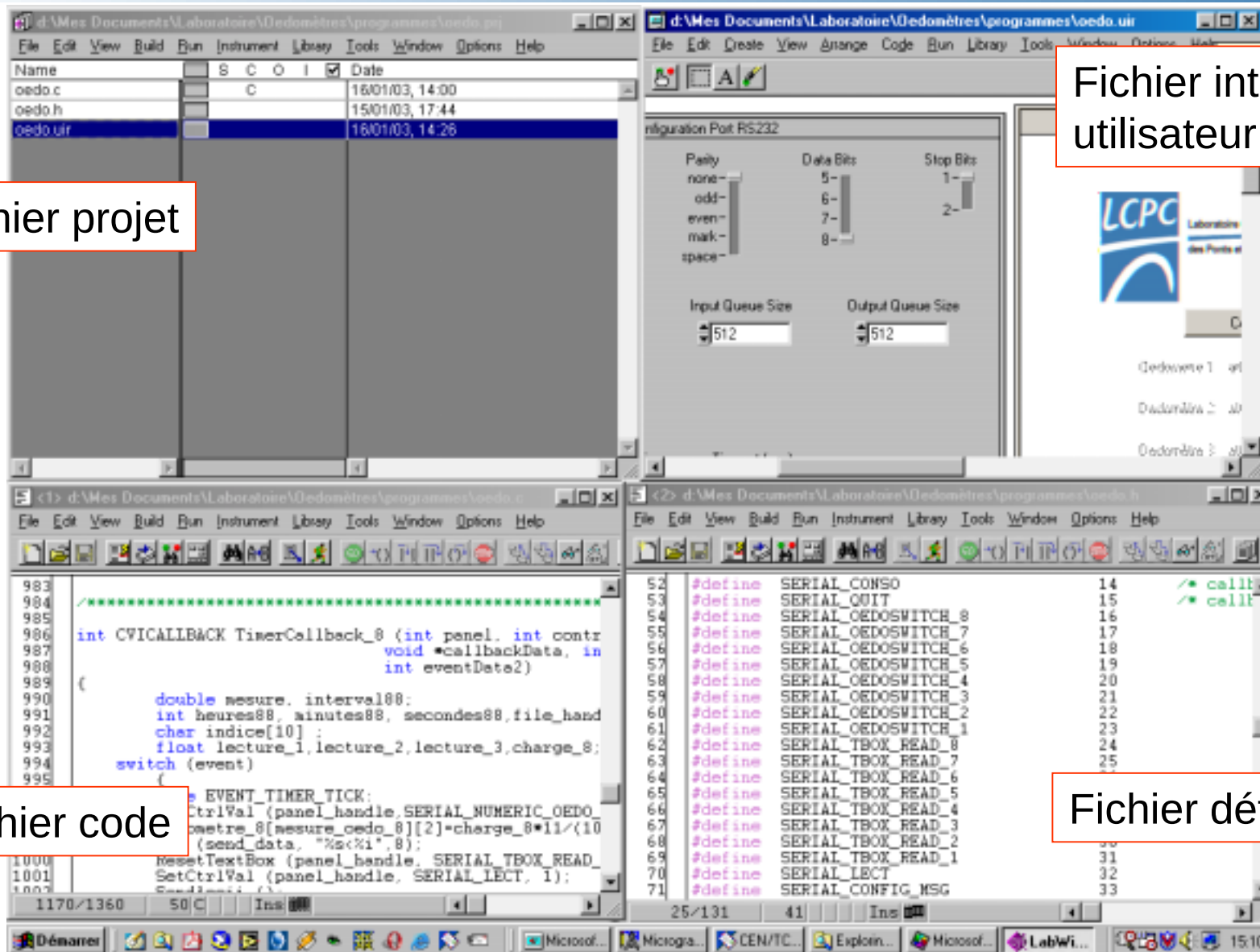
Orienté objet

Logiciel d'asservissement

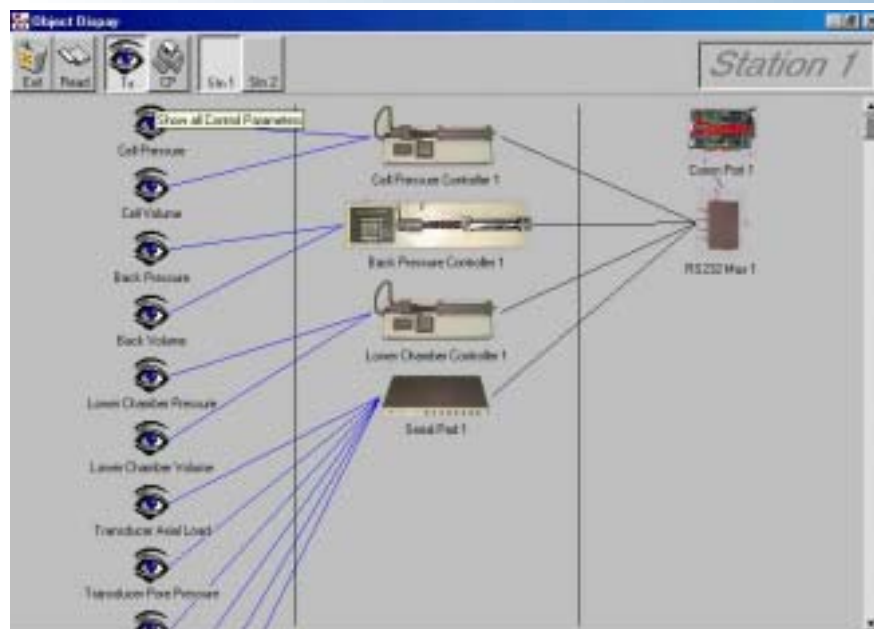
👉 Logiciel d'asservissement



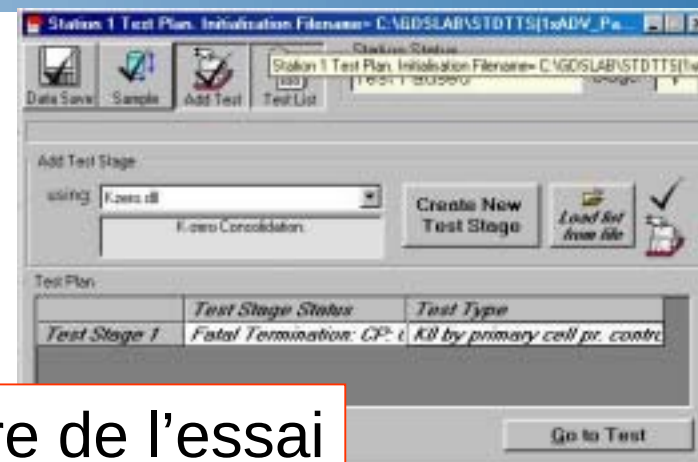
Logiciel d'asservissement



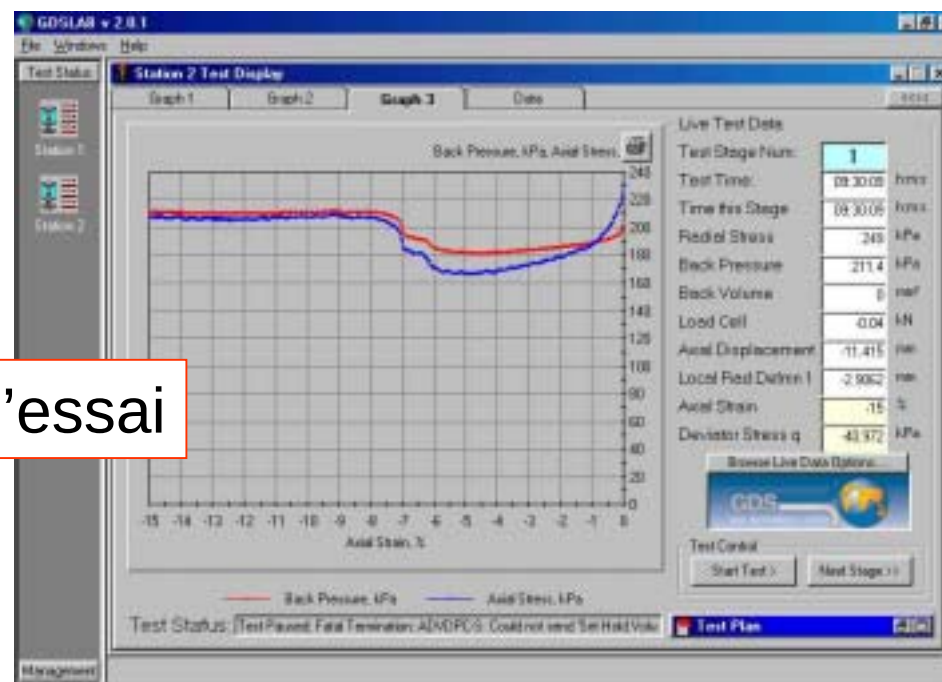
Logiciel d'asservissement



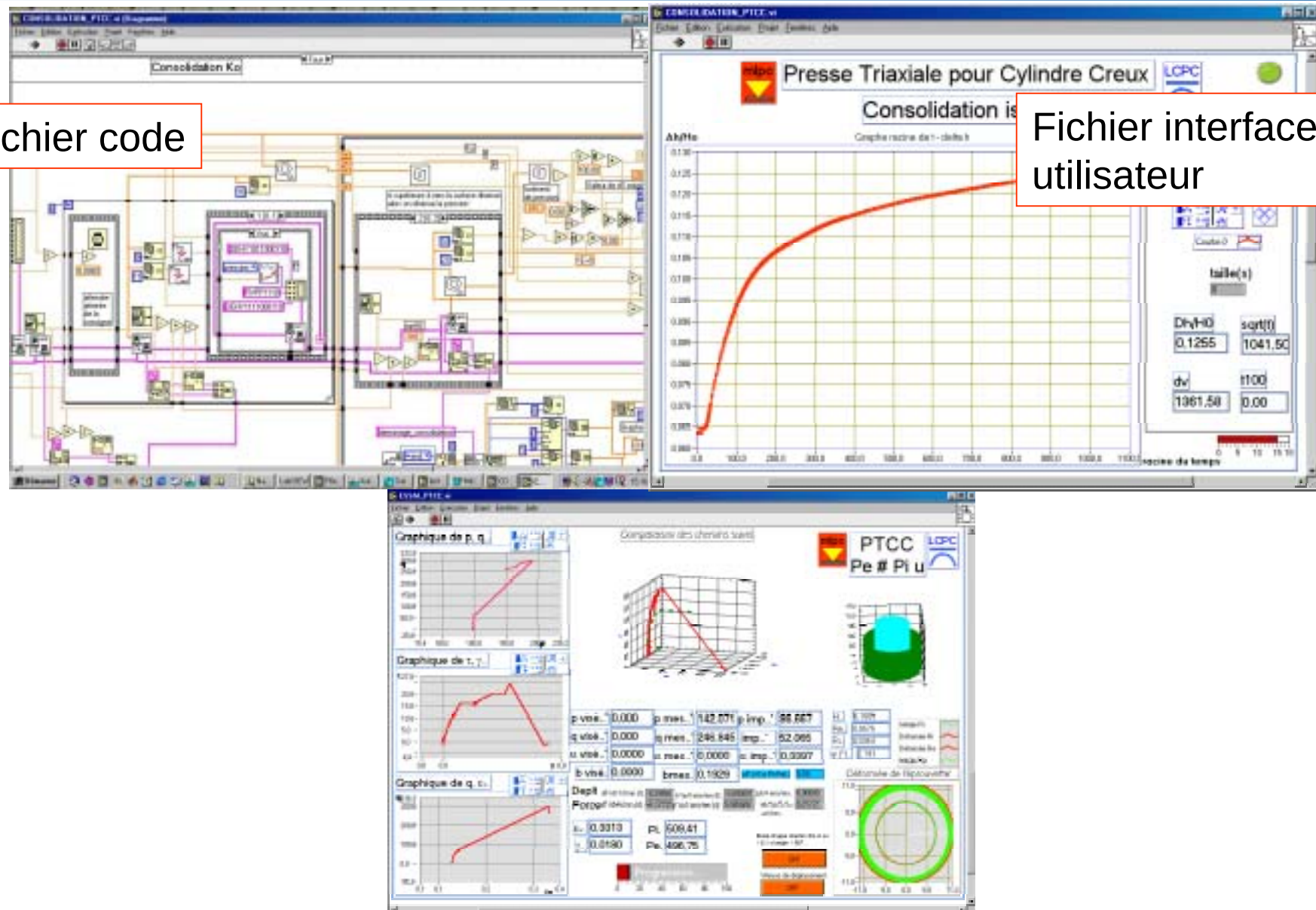
Structure de l'appareillage



Structure de l'essai



Suivi de l'essai



Asservissement

Interrogations

- précision de l'asservissement pilotage en déplacement (et non en vitesse de déplacement)
 utilisé car de programmation plus simple et juste en P (cas des CPV GDS)
- pilotage en force (plus proche de la réalité et de la modélisation)
puis pilotage en déformation

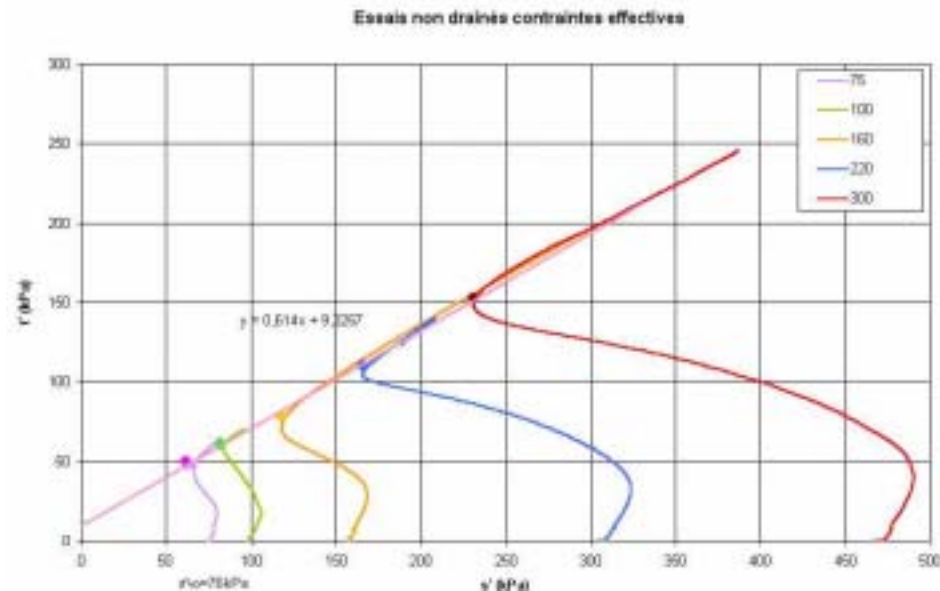
Autre possibilité

- régulation prédictive = modèle de référence

Exploitation

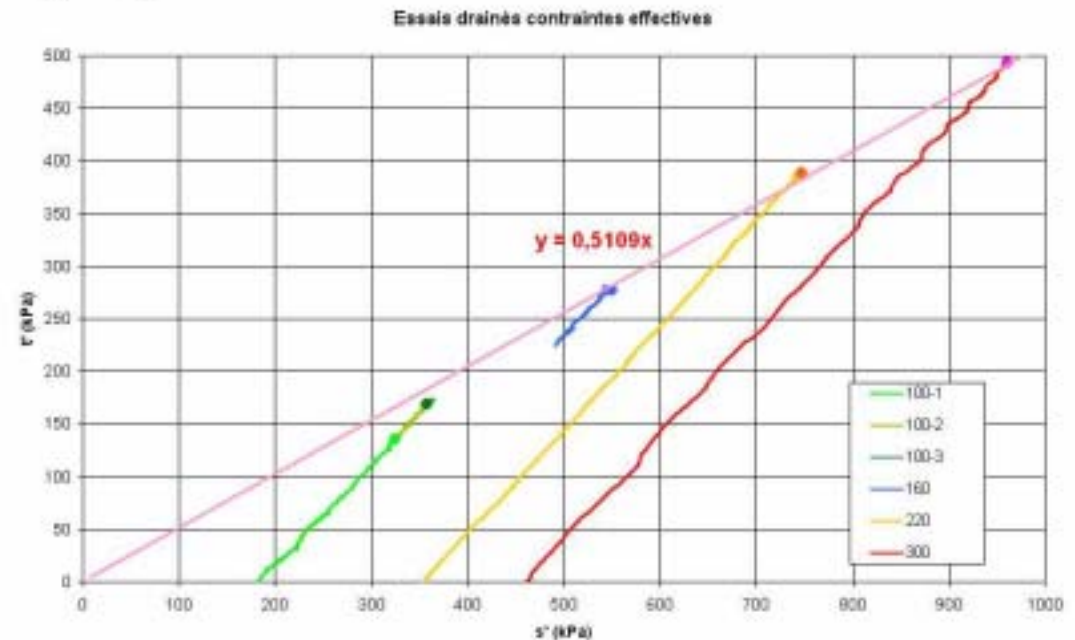
- Tableur bureautique : Microsoft Excel, Grapher, Surfer, GNUplot
- Outil mathématique : Matlab, Scilab...
- Intégré dans logiciel de pilotage : HIQ,

Exploitation



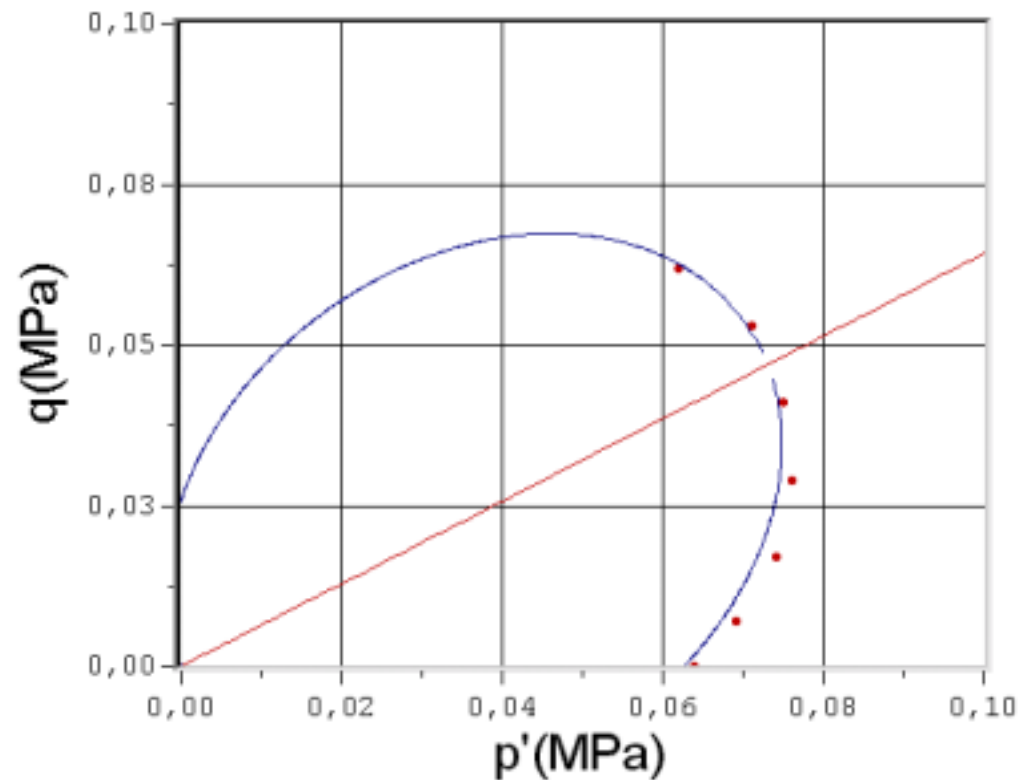
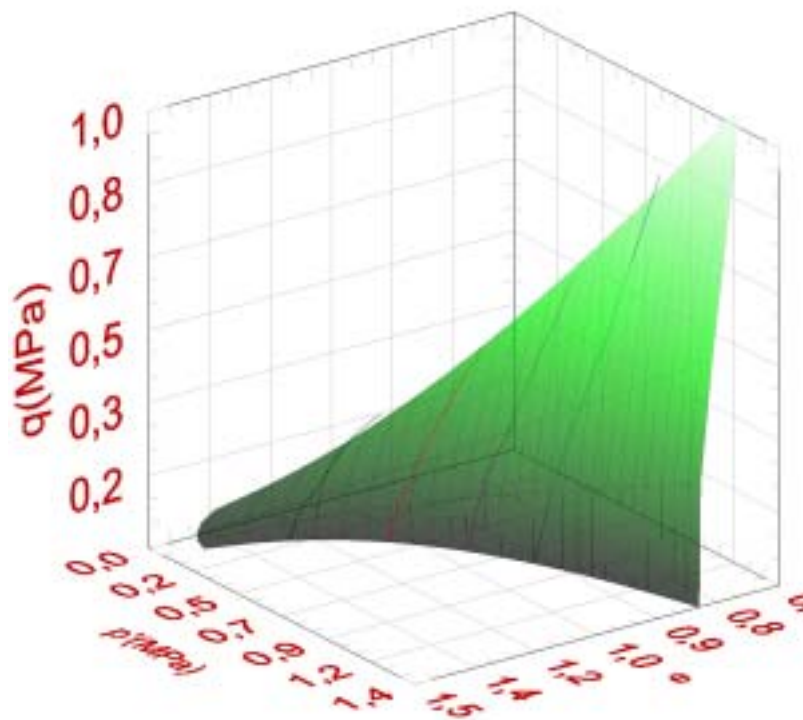
- Analyse classique =
ergonomie suffisante

- Courbes tracées avec
Excel



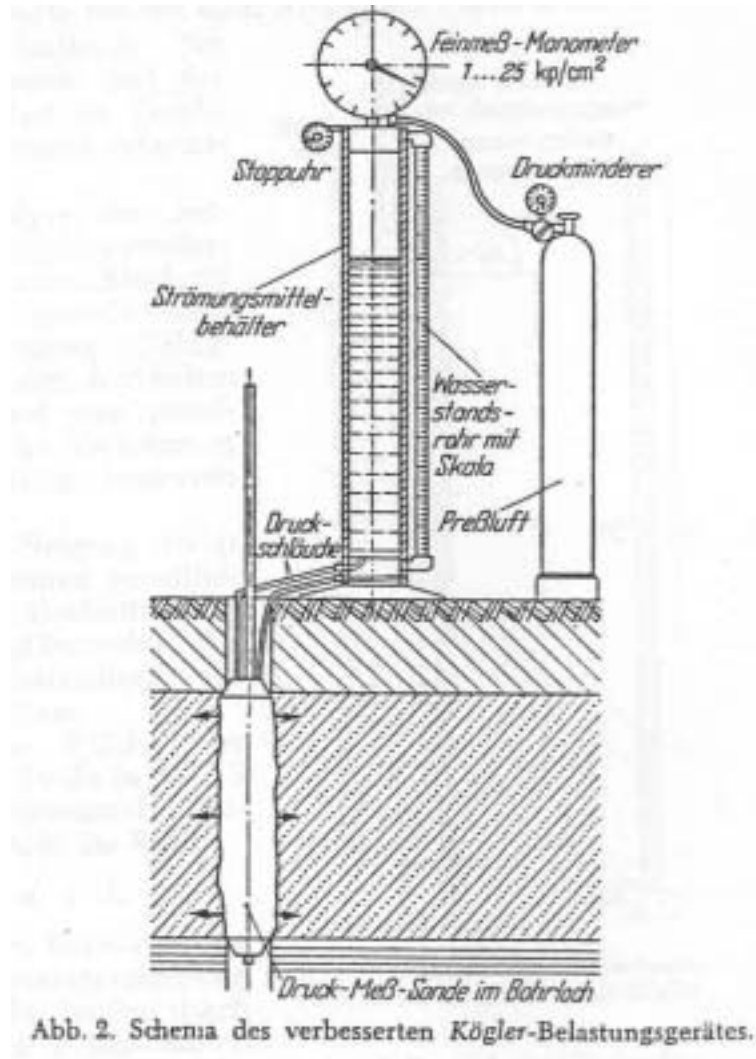
Exploitation

- surface de Roscoe et de surface de charge anisotrope (Argile des Flandres) tracée en 3D par HIQ



L'essai pressiométrique

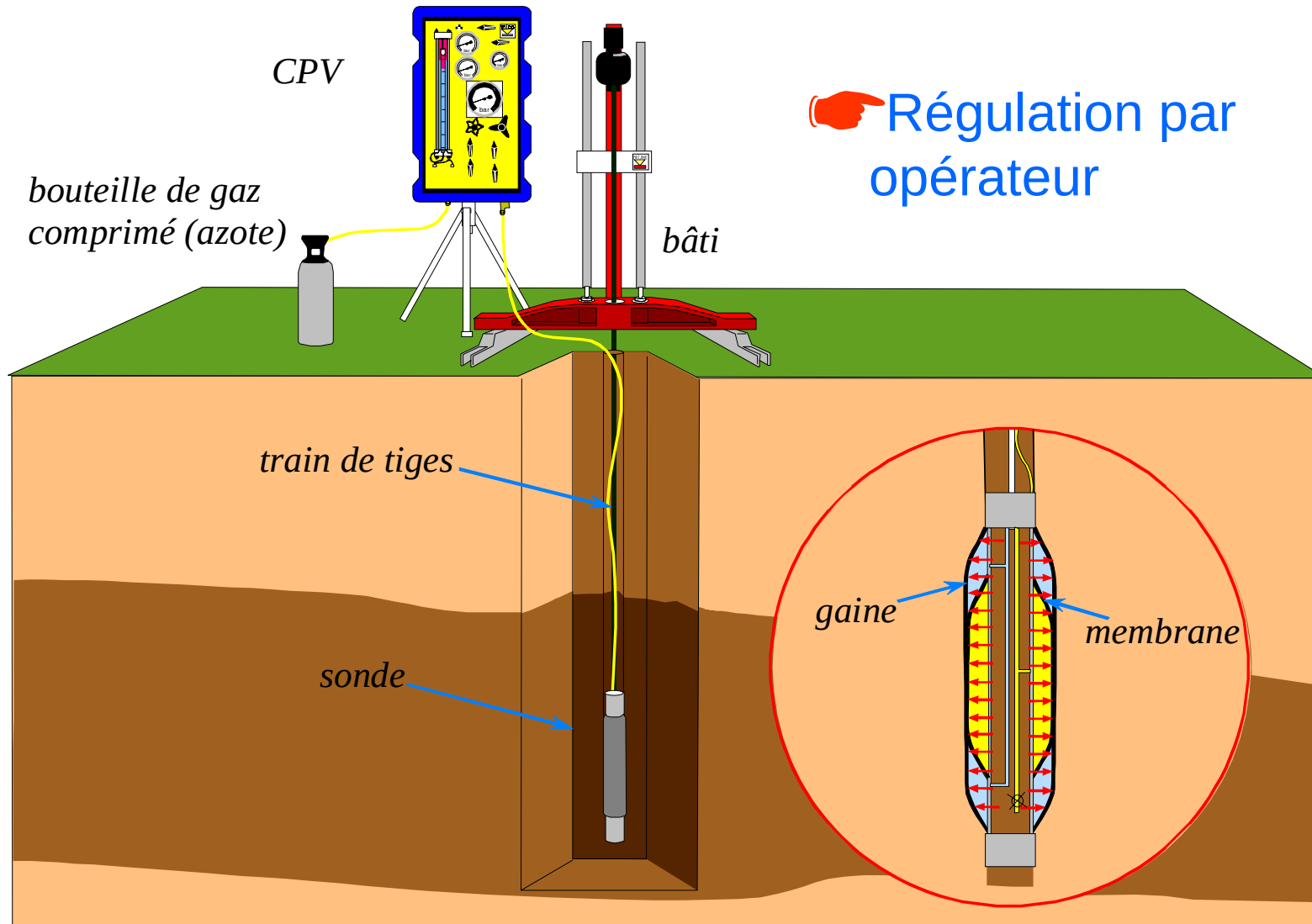
- Essai pressiométrique selon Kögler



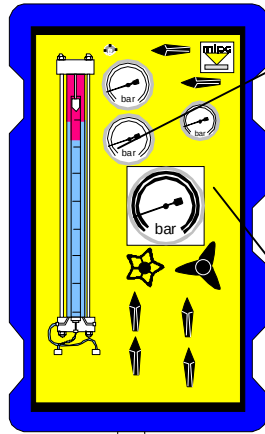
👉 Régulation par opérateur

L'essai pressiométrique

- Essai pressiométrique selon Ménard : dispositif actuel



L'essai pressiométrique

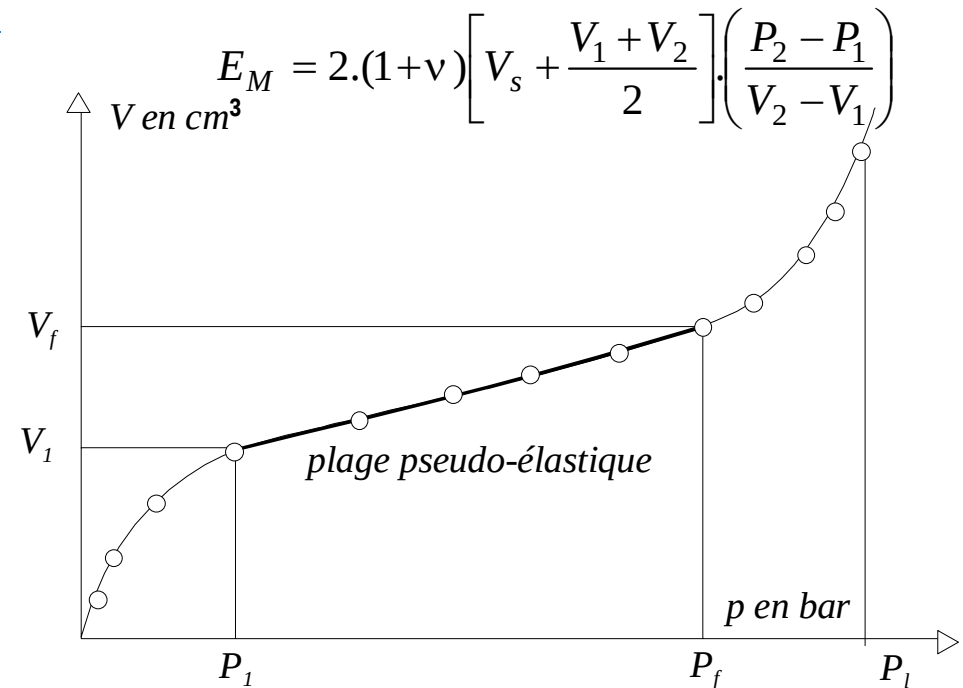
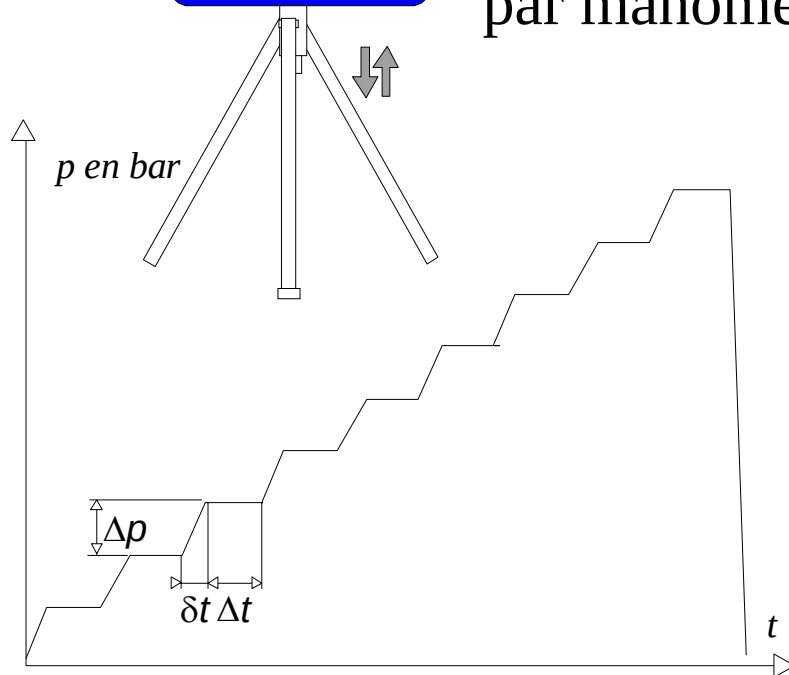


Mesure de volume
par burette graduée

Mesure de pression
par manomètre

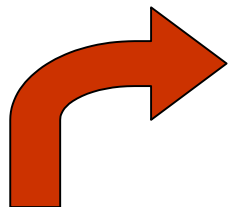
👉 Régulation par
opérateur

Détermination du module
pressiométrique par l'équation



$$E_M = 2.(1+\nu) \left[V_s + \frac{V_1 + V_2}{2} \right] \cdot \left(\frac{P_2 - P_1}{V_2 - V_1} \right)$$

L'essai pressiométrique

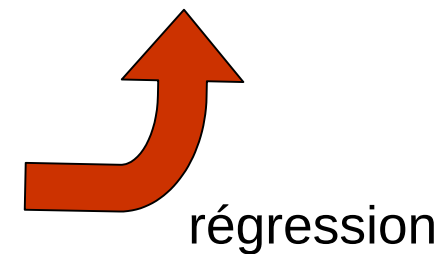


PAC
 Baud J.P., 1984

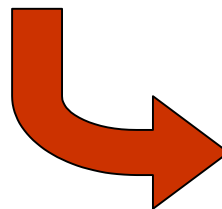


SPAD
 ~1990

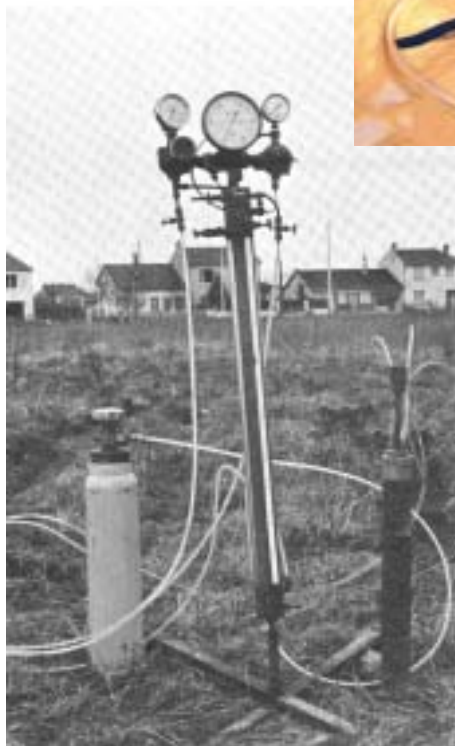
(👉) Régulation par
 opérateur



régression



(👉) Régulation par
 ordinateur

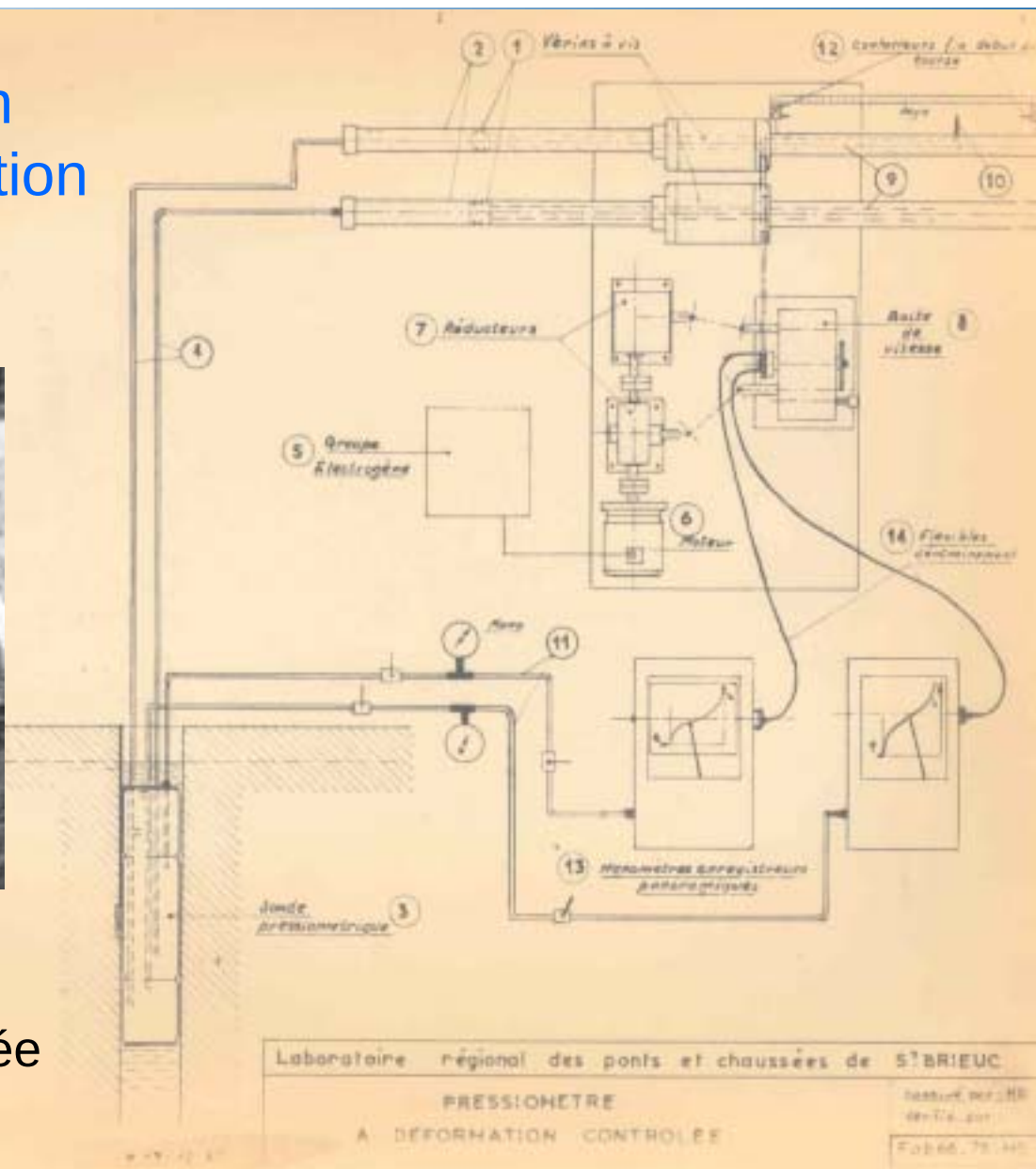


L'essai pressiométrique autoforé

👉 Passage de la régulation
par opérateur à la régulation
proportionnelle



- PAF
système à déformation contrôlée



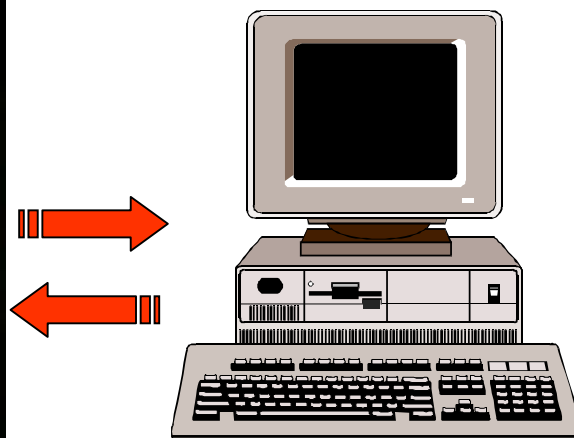
L'essai pressiométrique autoforé

👉 Régulation proportionnelle



L'essai pressiométrique autoforé

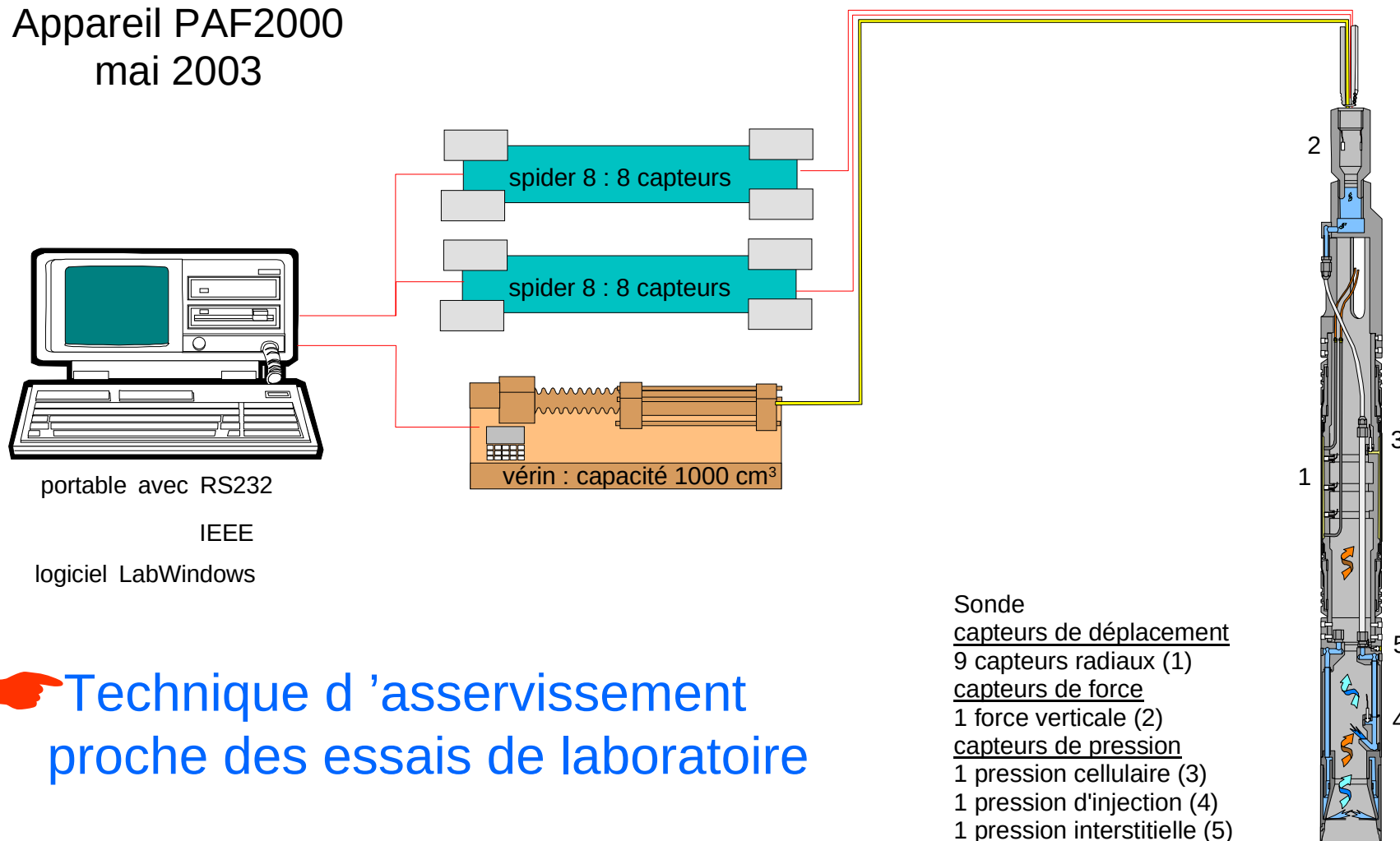
👉 Régulation par ordinateur



L'essai pressiométrique autoforé

Architecture

Appareil PAF2000
mai 2003

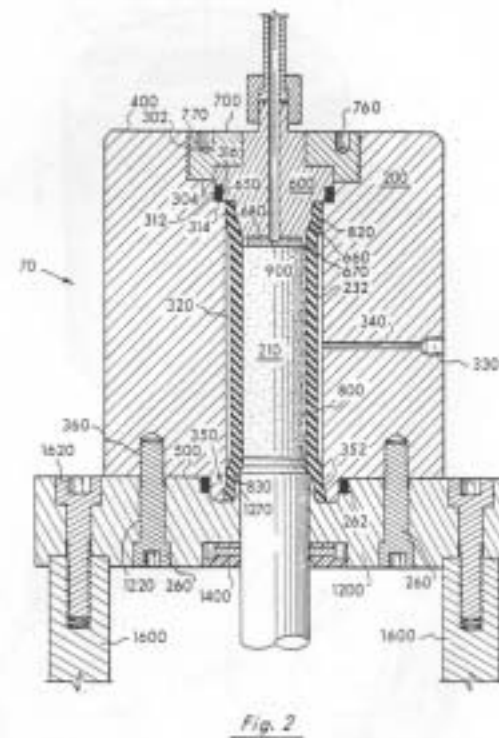
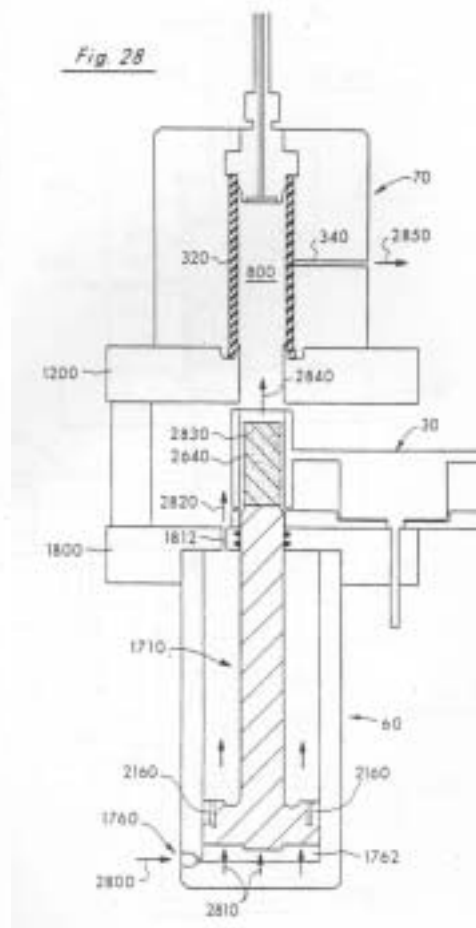
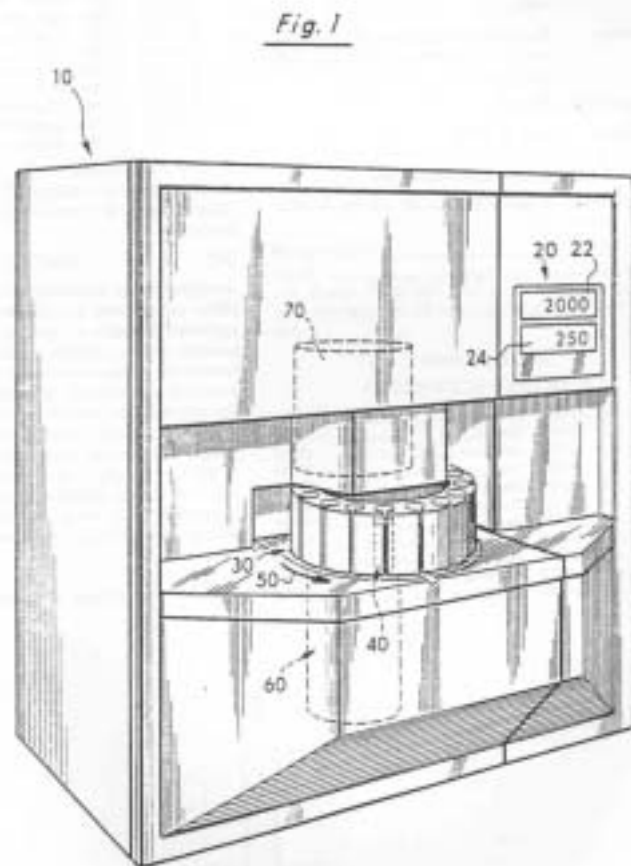


Technique d'asservissement proche des essais de laboratoire

FIN

👉 Essai automatisé à carrousel

U.S. Patent Mar. 17, 1987 Sheet 1 of 20 4,649,737



💣 Est-ce
l'avenir ?