

## Les moyens actuels d'automatisation du soudage

Présenté par : Bruce Hazel, chercheur IREQ

Références :

- Notes de cours de J.-L. Fihey et Michel Galopin - MEC 625 Automne 2003
- Documentation du robot Scompi avec l'autorisation d'Hydro-Québec

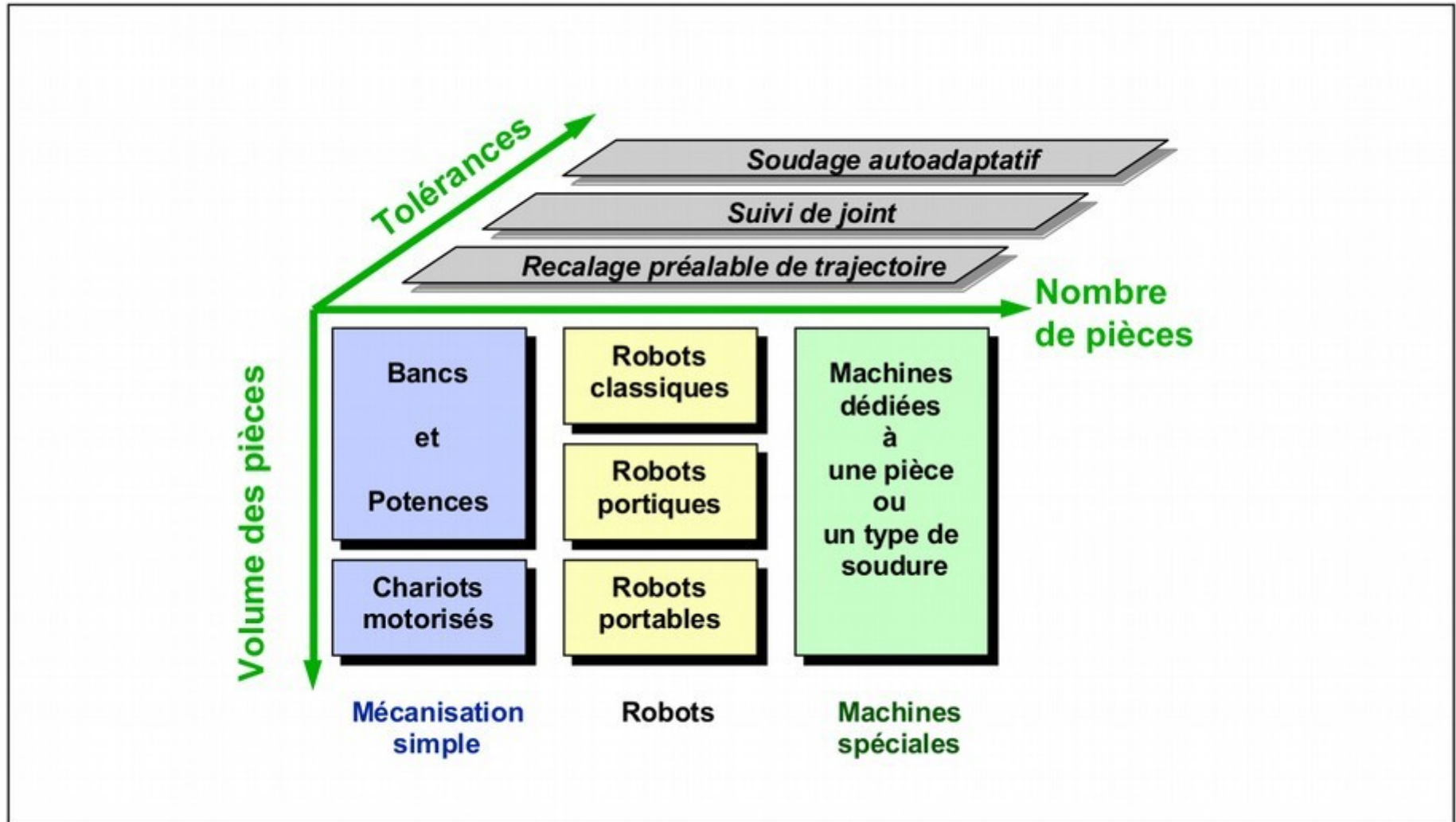
# Types de soudage

- **Soudage manuel** : l'opération de soudage est complètement réalisée de façon manuelle par le soudeur (ex : soudage SMAW).
- **Soudage semi-automatique** : L'équipement contrôle seulement l'alimentation en métal d'apport. Le déplacement de la torche et les réglages de paramètres sont effectués par le soudeur.(ex GMAW).
- **Soudage mécanisé** : l'équipement effectue l'opération de soudage sous le contrôle constant d'un opérateur.
- **Soudage automatique** : L'équipement effectue seul le soudage sans aucun ajustement par un opérateur en cours d'opération.

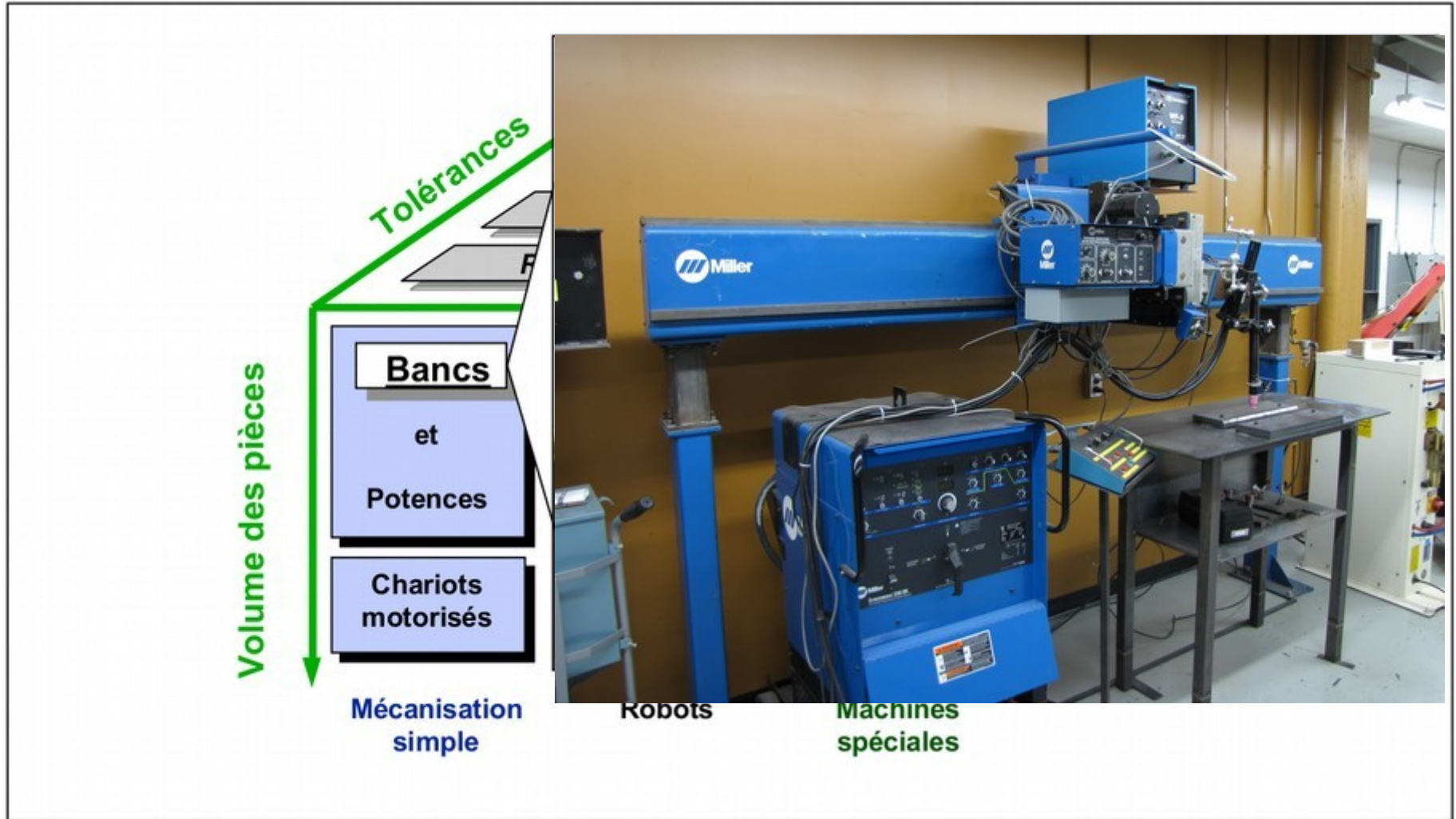
# Équipement de soudage automatisé

- Chariot auto-moteur (sur roues ou sur rail)
- Banc de soudage (longueur utile entre 3 et 10m, hauteur utile entre 3 et 5 m)
- Potence (colonne verticale + bras horizontal) pour soudures longitudinales, transversales et même circulaire si la pièce est montée sur un vireur.
- Robot : multi-axes, reprogrammable

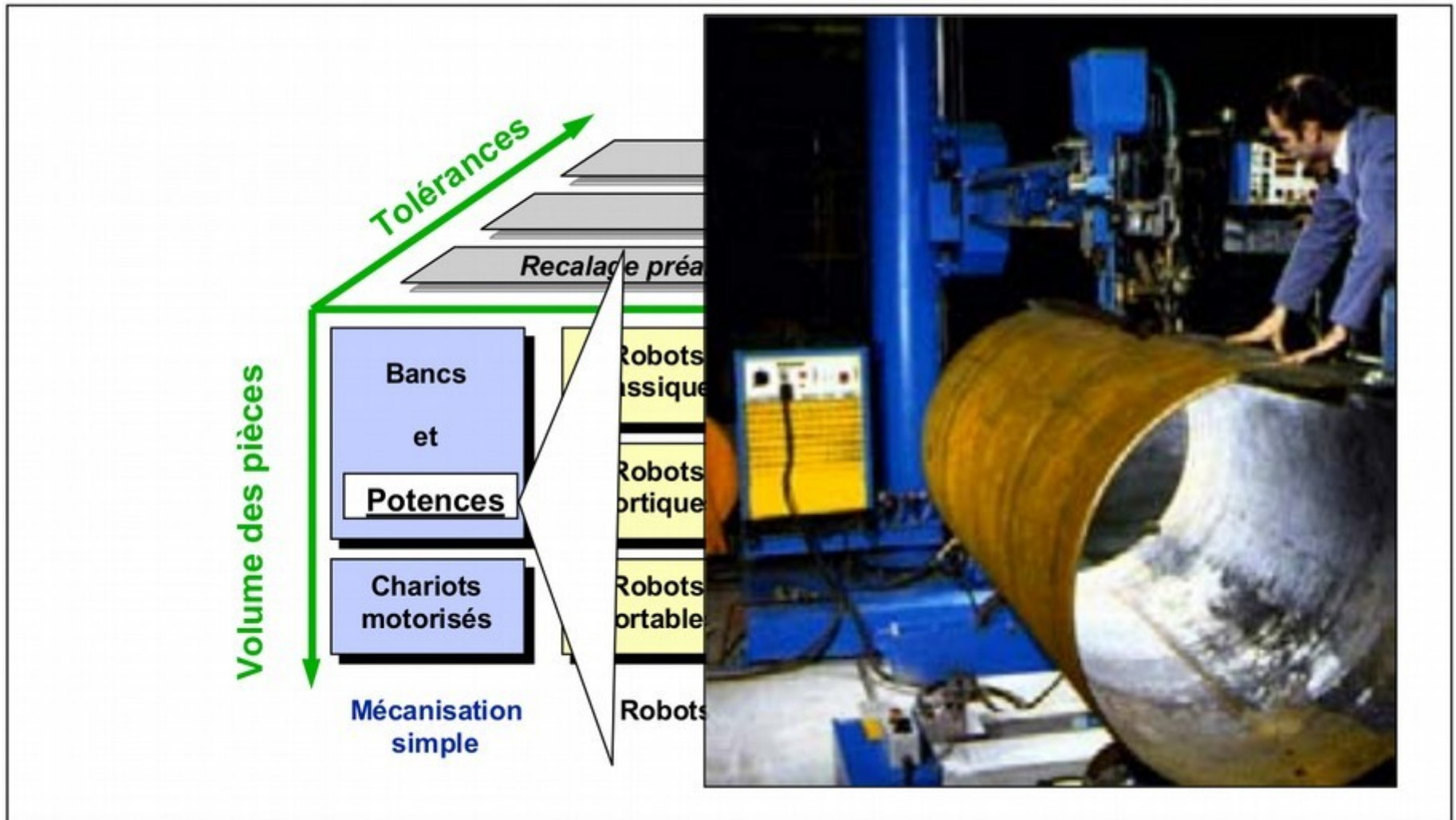
# Automatisation du soudage



# Automatisation du soudage

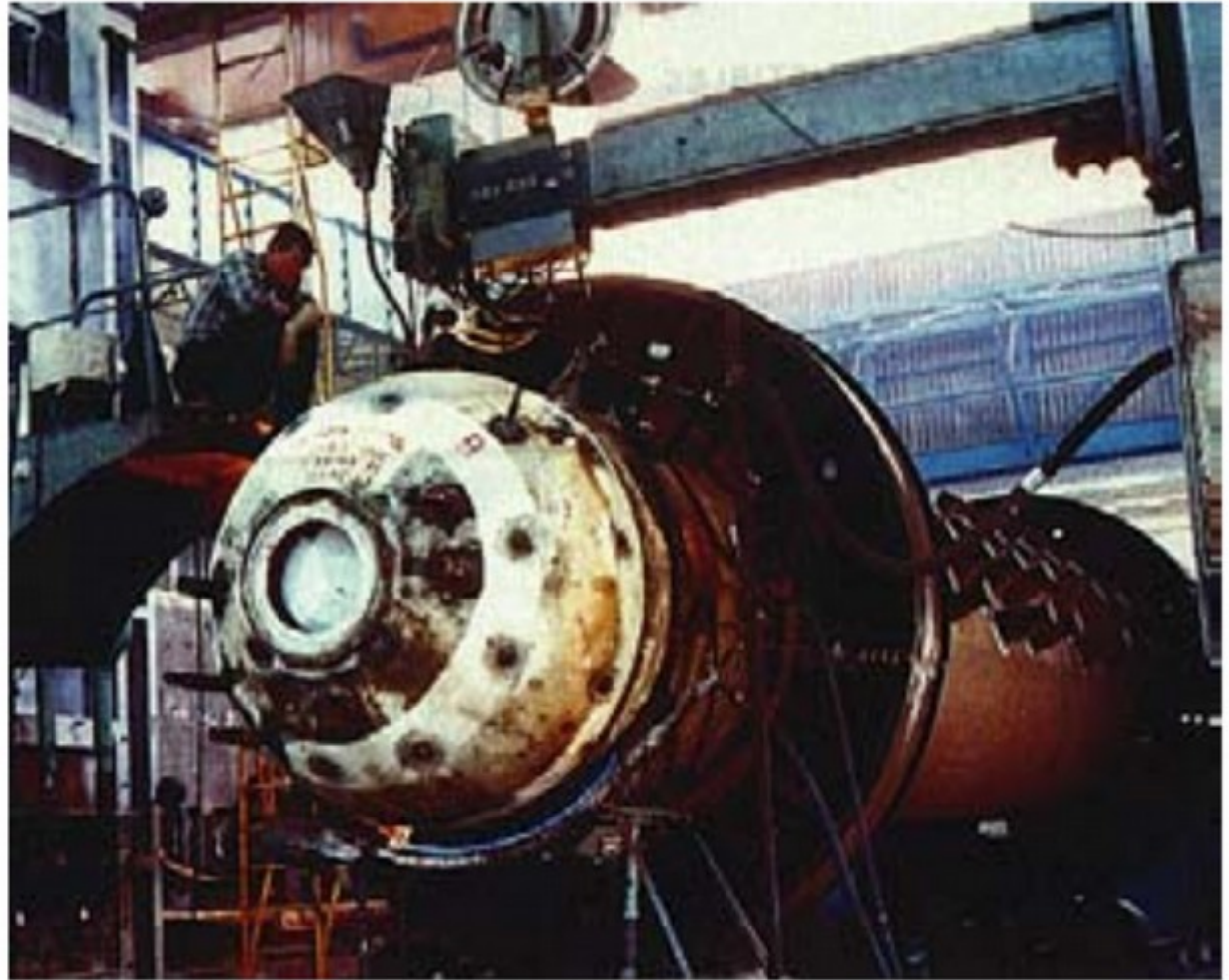


# Automatisation du soudage

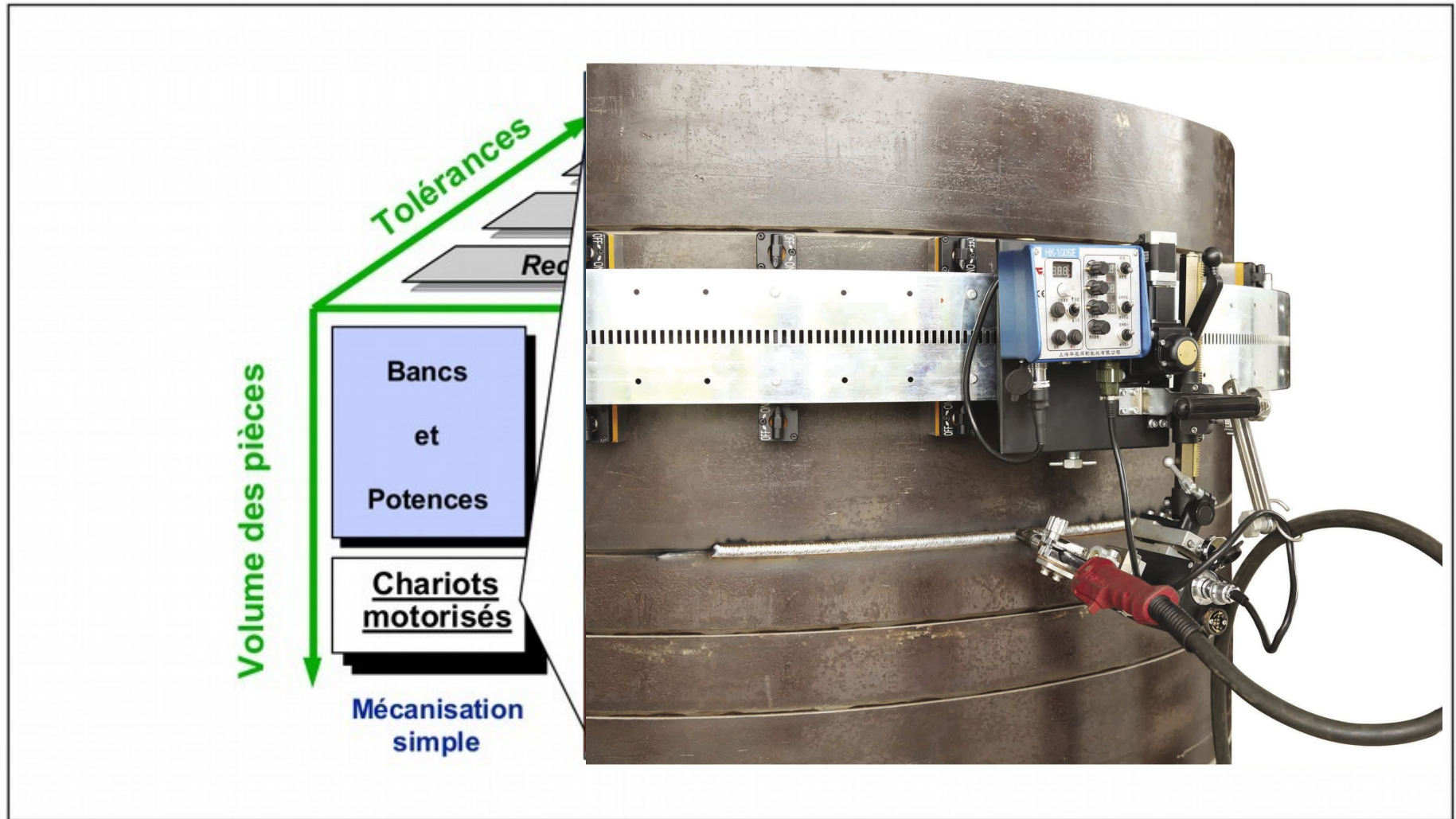


# Automatisation du soudage

**Soudage sous flux  
avec  
Potence + vireur**

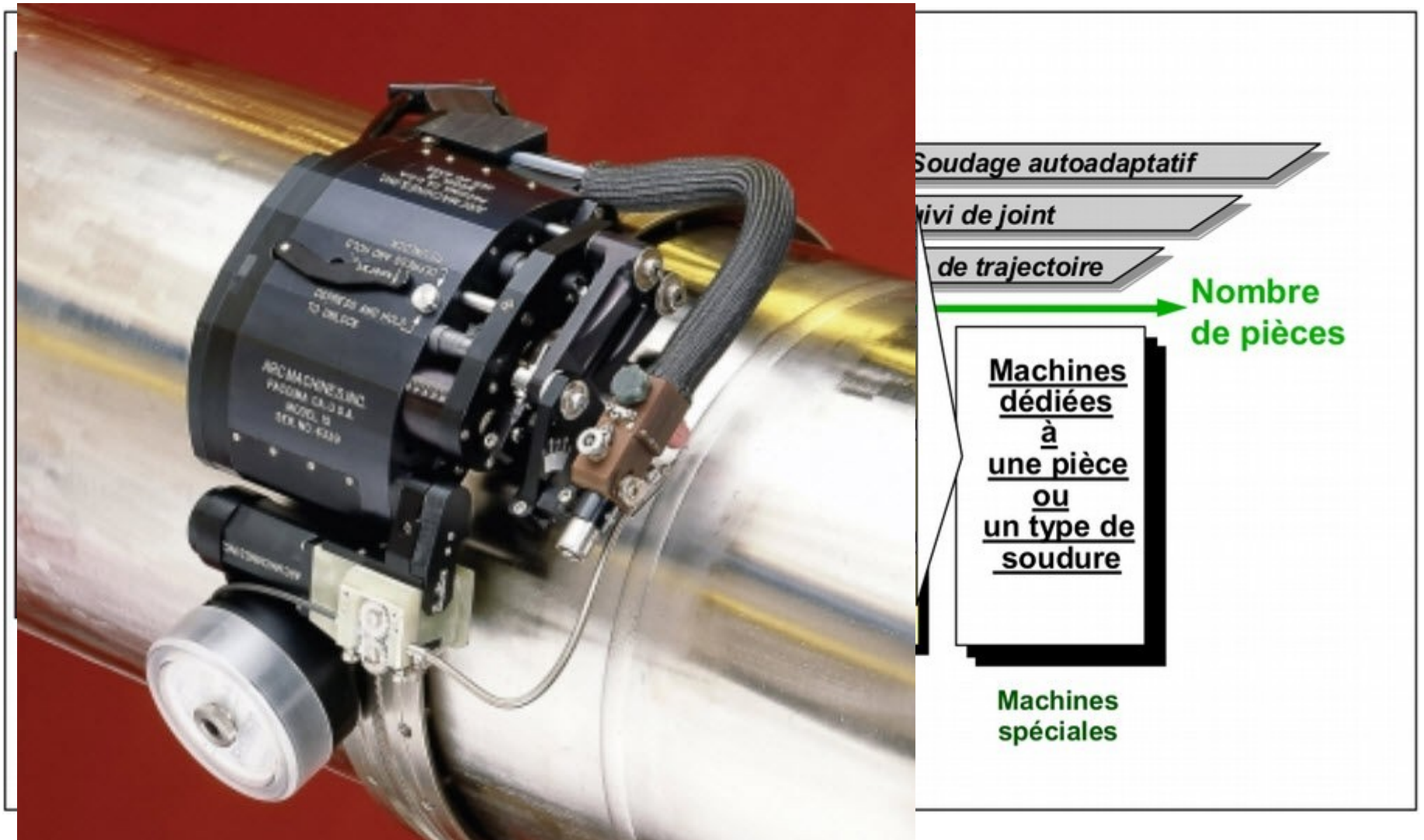


# Automatisation du soudage

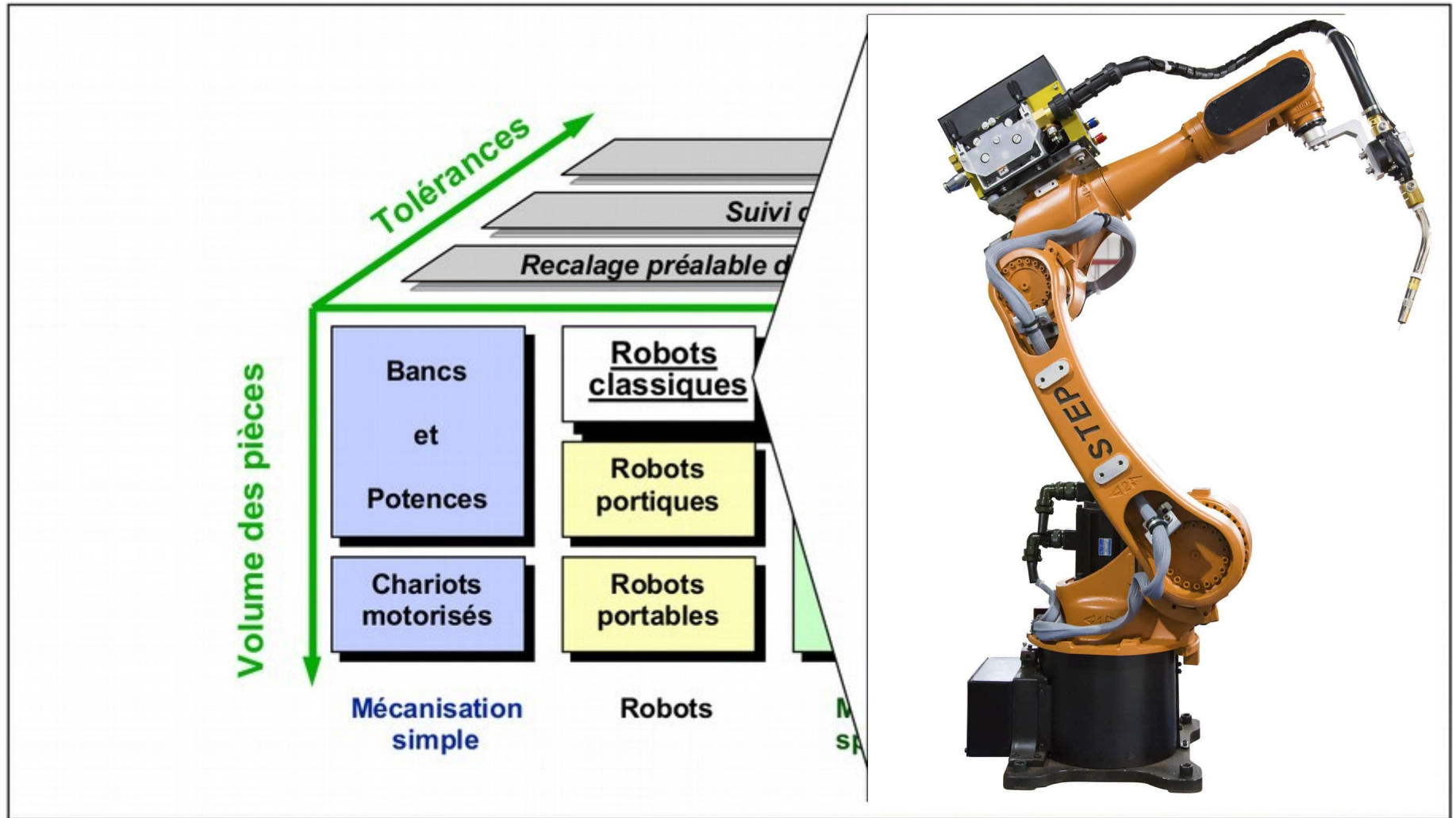




# Automatisation du soudage



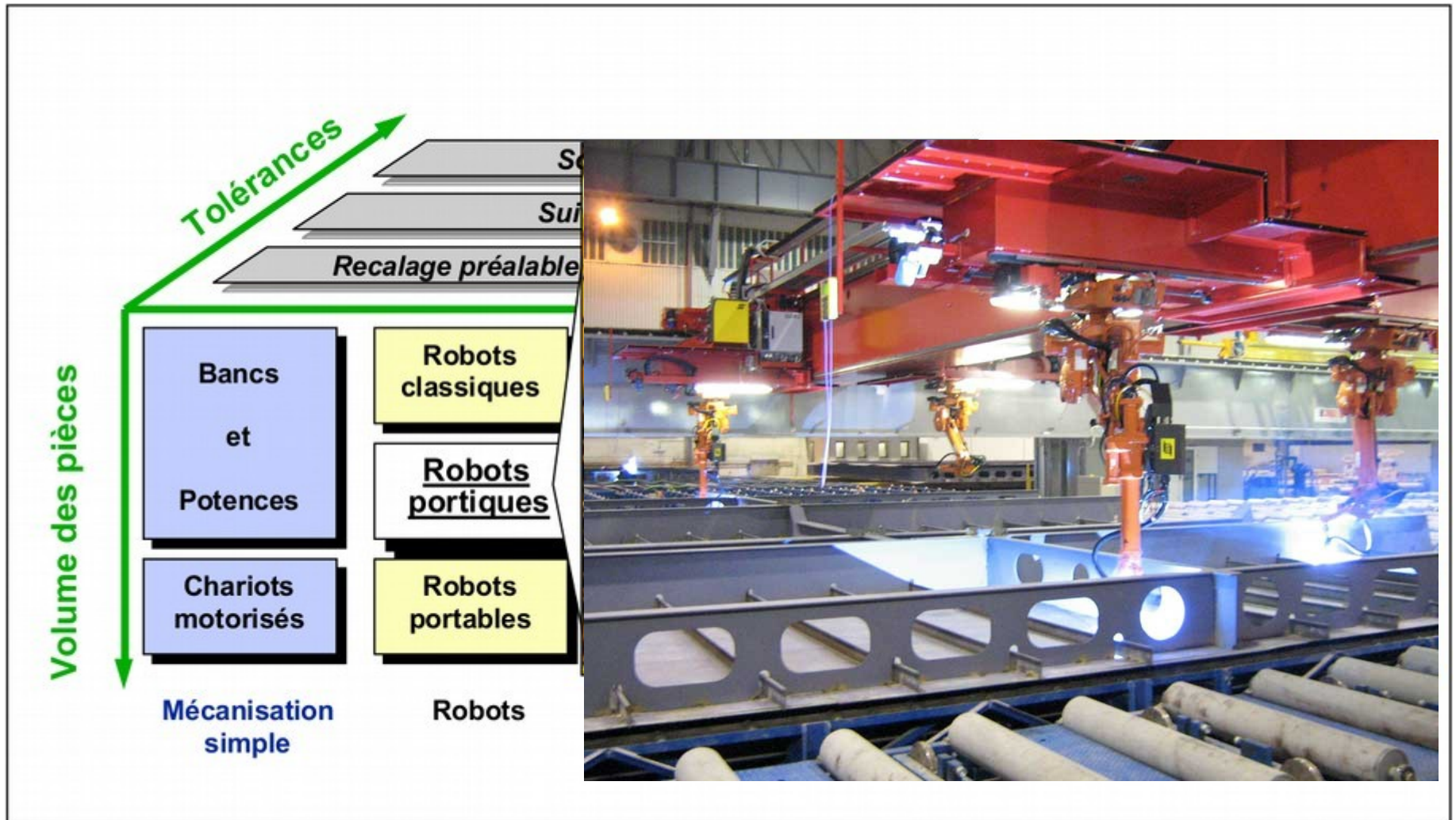
# Automatisation du soudage



# Robots et positionneurs

- **Nombre d'axes** : 6 pour position + orientation
- **Configuration** : axes de rotation, axes de translation
- **Spécifications** : (répétitivité, vitesse d'axe, débattement d'axe, charge utile, volume de travail).  
Répétitivité typique robot et positionneurs : 0,1 mm
- **Poignets** : deux ou trois axes.
- Avec positionneurs systèmes à 10 axes et plus (axes synchronisés ou non)

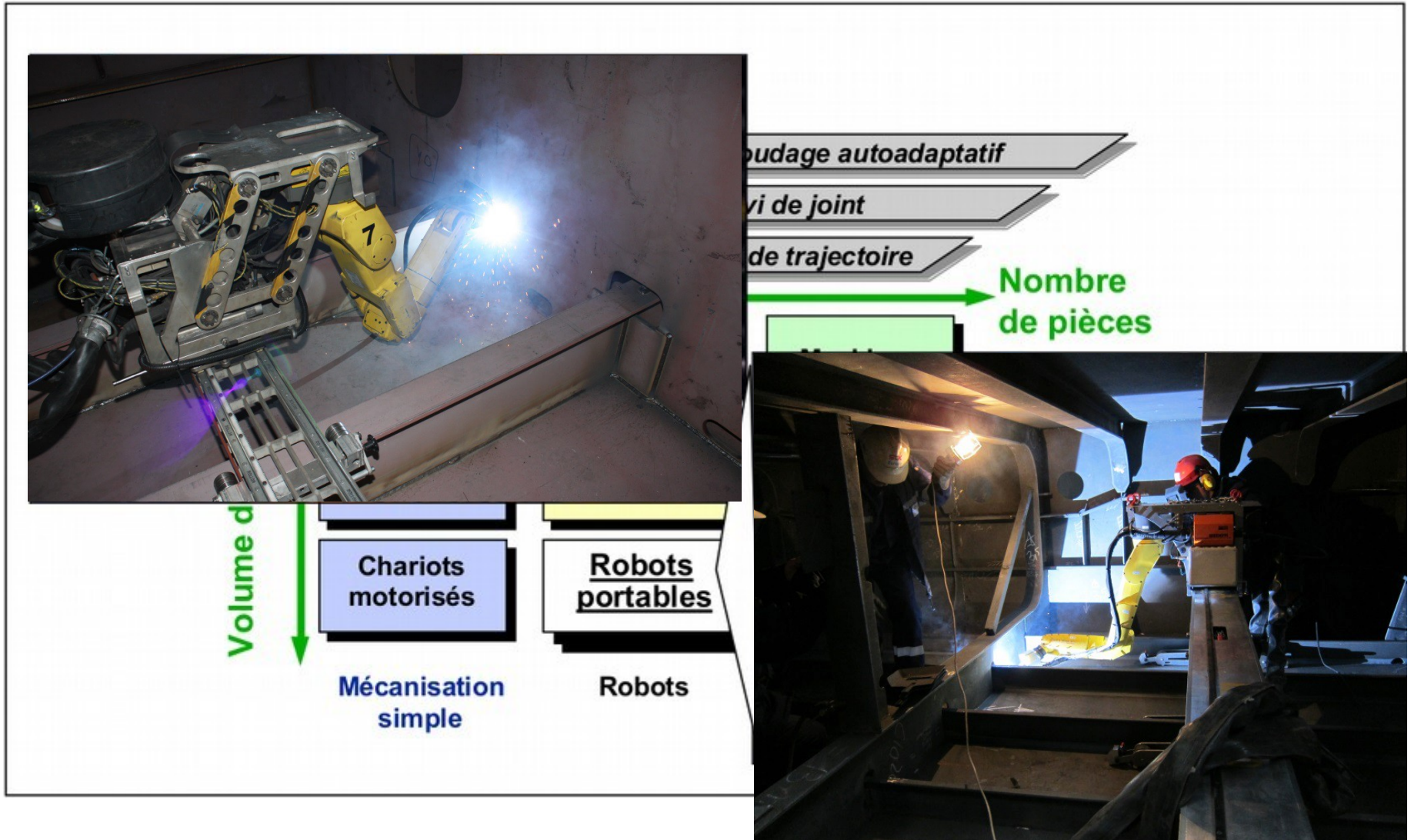
# Automatisation du soudage



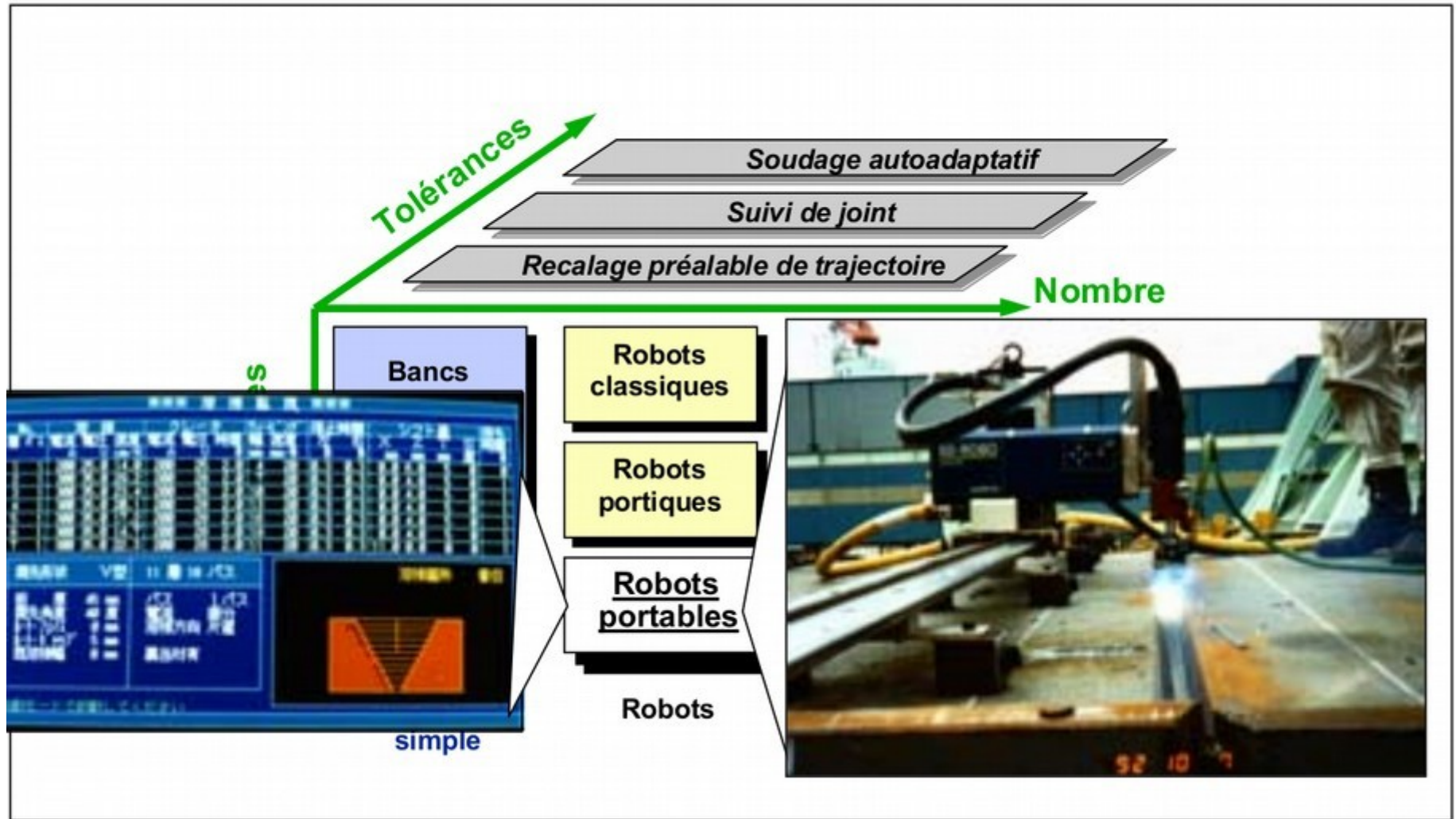
# Robots et positionneurs (2)

- On veut le plus possible souder en position à plat avec torche verticale. Lorsque les pièces sont manipulables, les problèmes liés aux formes de trajectoires et aux positions des joints dans l'espace peuvent être résolus grâce à l'utilisation de positionneurs adaptés.
- Robots portables
  - Pour le soudage de grandes structures, les robots à grand débattement deviennent très lourds et coûteux
  - Les petits robots portables sur rail prennent la relève (Robot SD de Servo Robot, Robot Scompi). Les rails sont solidaires des pièces à souder.

# Automatisation du soudage



# Automatisation du soudage



# Soudage avec robot SCOMPI

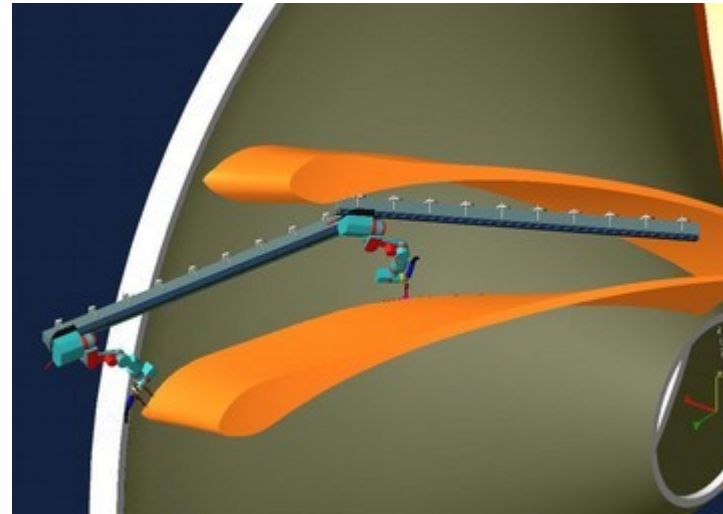
- Roue de turbine Francis de Sanxia (3 Gorges, Chine)
  - Roue de 500 tonnes
  - 35,000 lbs de métal d'apport





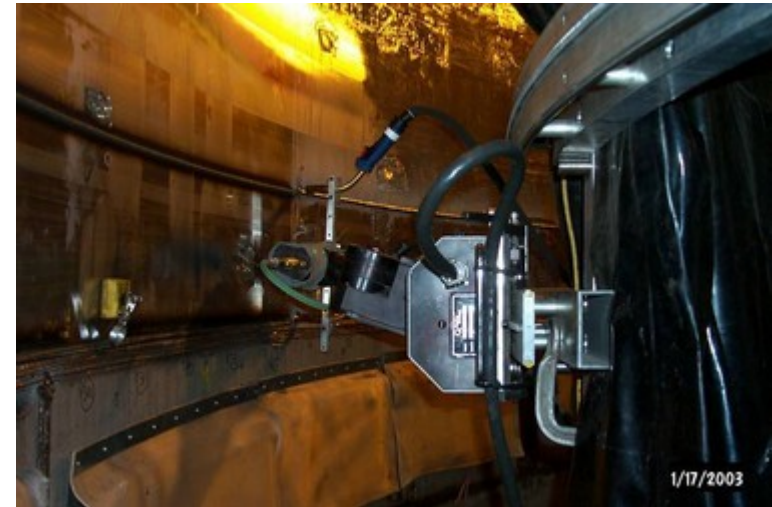
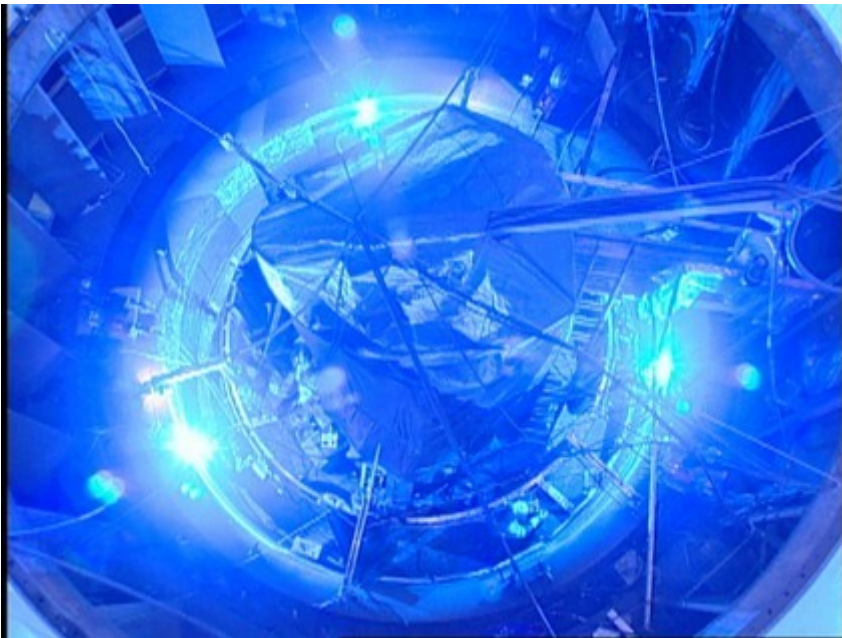
# Soudage avec robot SCOMPI

- 15 aubes de 25 tonnes
- Joint en demi-V
- Épaisseur de 2" à 14"



# Soudage avec robot SCOMPI

- Réparation de cavitation dans un tube aspirateur
- 3 robots soudent simultanément



# Cellule de soudage robotisé

- Comprend un robot et tous les périphériques
- Productivité évaluée par le facteur de marche, le taux de dépôt et l'efficacité du dépôt
  - F.M. (%) = Temps d'arc / Temps moyen de production d'une pièce
  - Taux de dépôt = quantité de métal déposée par unité de temps (kg/h)
  - Efficacité du dépôt = production de soudures de dimensions correctes (pas de sur-dimensionnement) et de qualité acceptable.

# Équipement de soudage

- Pour chaque procédé, il est important de choisir un équipement spécifiquement développé pour le soudage robotisé. En fait les intégrateurs fournissent des cellules complètement intégrées. Le matériel doit être conçu pour un facteur de marche élevé et la source de courant doit être interfaçable au contrôleur du robot.
- Les problèmes de fiabilité d'une cellule robotisée sont le plus souvent associés à l'équipement de soudage, particulièrement la torche, son faisceau et le dévidoir de fil.

# Équipement de soudage

- **Torche pour robot**
  - Conçue pour un facteur de marche de 100%
  - Refroidie à l'eau si  $I > 200$  A pour GMAW
  - Système de nettoyage automatique de la buse
  - Dispositif de détection de collision, mauvais amorçage, instabilité d'arc, remontée d'arc, manque de gaz de protection
  - Tandem (2 fils dans un même bain) pour augmenter la productivité (12-15 kg/h)

# Équipement de soudage

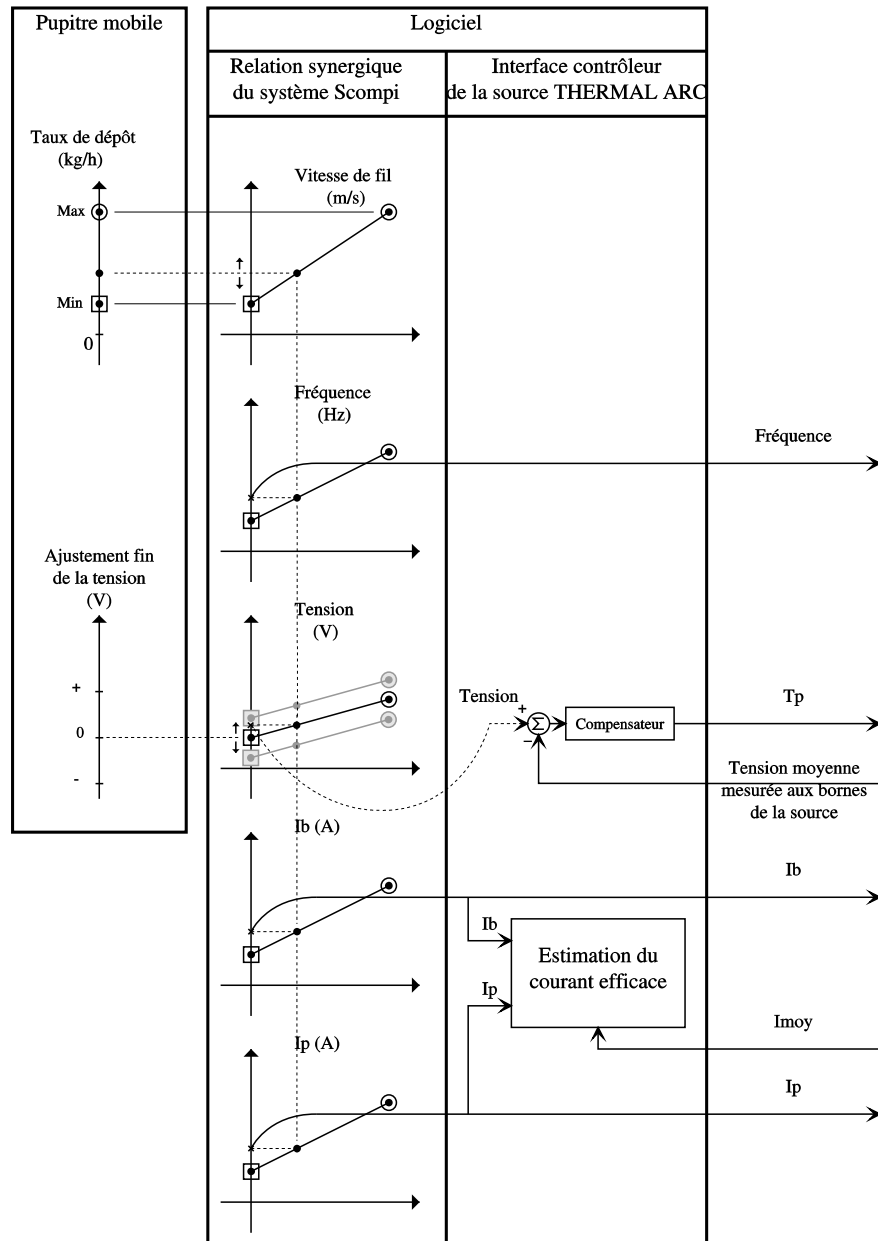
- **Dévidoir**

- Système de dévidage push-pull pour l'aluminium
- Alimentation par fût (bobines de 200 kg et plus)
- Détection de court-circuit
- Mesure de l'effort de dévidage

- **Source de soudage**

- Facteur de marche de 100 % au courant nominal
- Contrôle de la forme d'onde (Pulsé, STT, CMT)
- Paramètres préprogrammés

# Relation synergique du robot SCOMPI



- Opérateur ajuste uniquement le taux de dépôt et le « voltage trim »
- Calcul automatique
  - Vitesse de fil
  - Fréquence
  - Tension
  - Courant de base
  - Courant de pic

# Automatisation du soudage

## La programmation des robots de soudage

**Apprentissage  
point à point**

**Programmation hors-  
ligne par CAO robotique**

**Approches spécifiques**



# Automatisation du soudage

## La programmation des robots de soudage

**Apprentissage  
point à point**

**Programmation hors-  
ligne par CAO robotique**

**Approches spécifiques**



**Déplacement  
du robot par  
pupitre**

**Mémorisation  
des positions  
successives**

**Simple, intuitif  
99% des robots actuels**

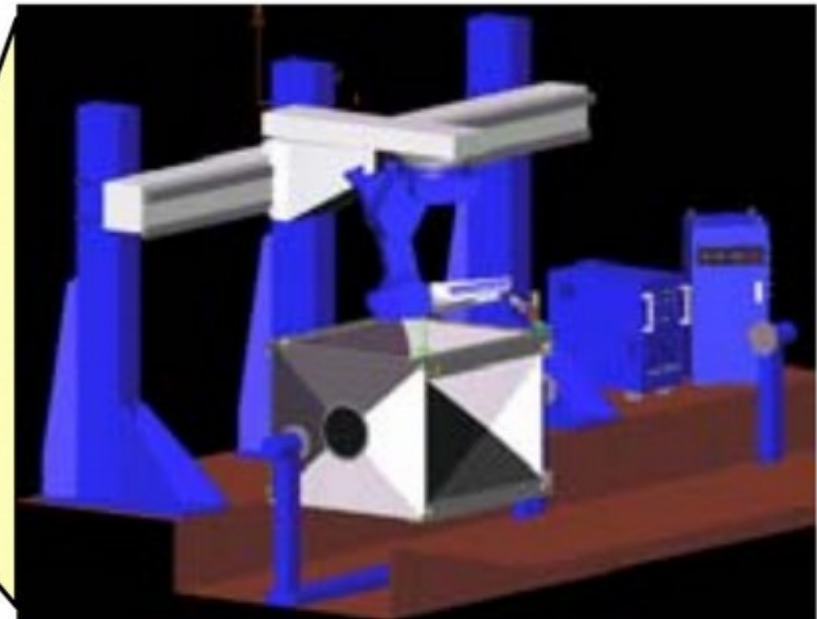
# Automatisation du soudage

## La programmation des robots de soudage

Apprentissage  
point à point

Programmation hors-  
ligne par CAO robotique

Approches spécifiques



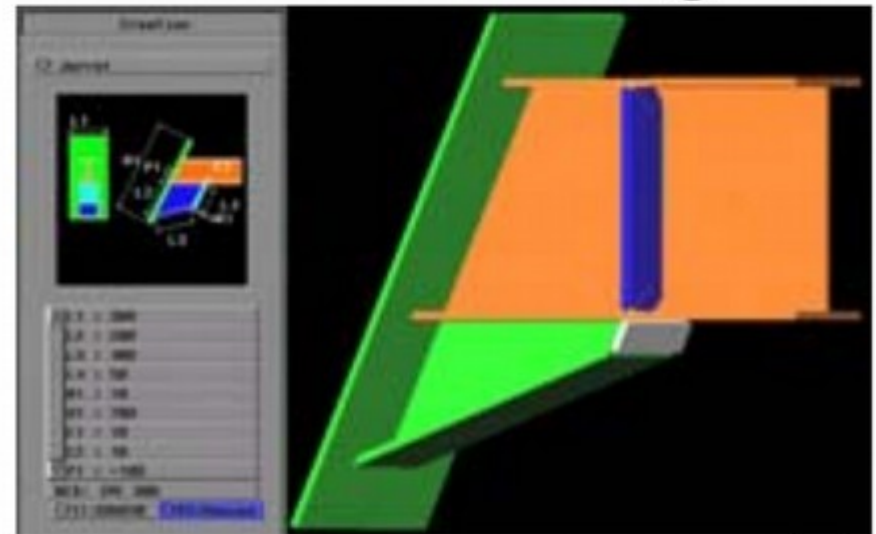
Programmation temps masqué  
Utilisation données CAO  
Etude d'implantation de cellule

# Automatisation du soudage

## La programmation des robots de soudage

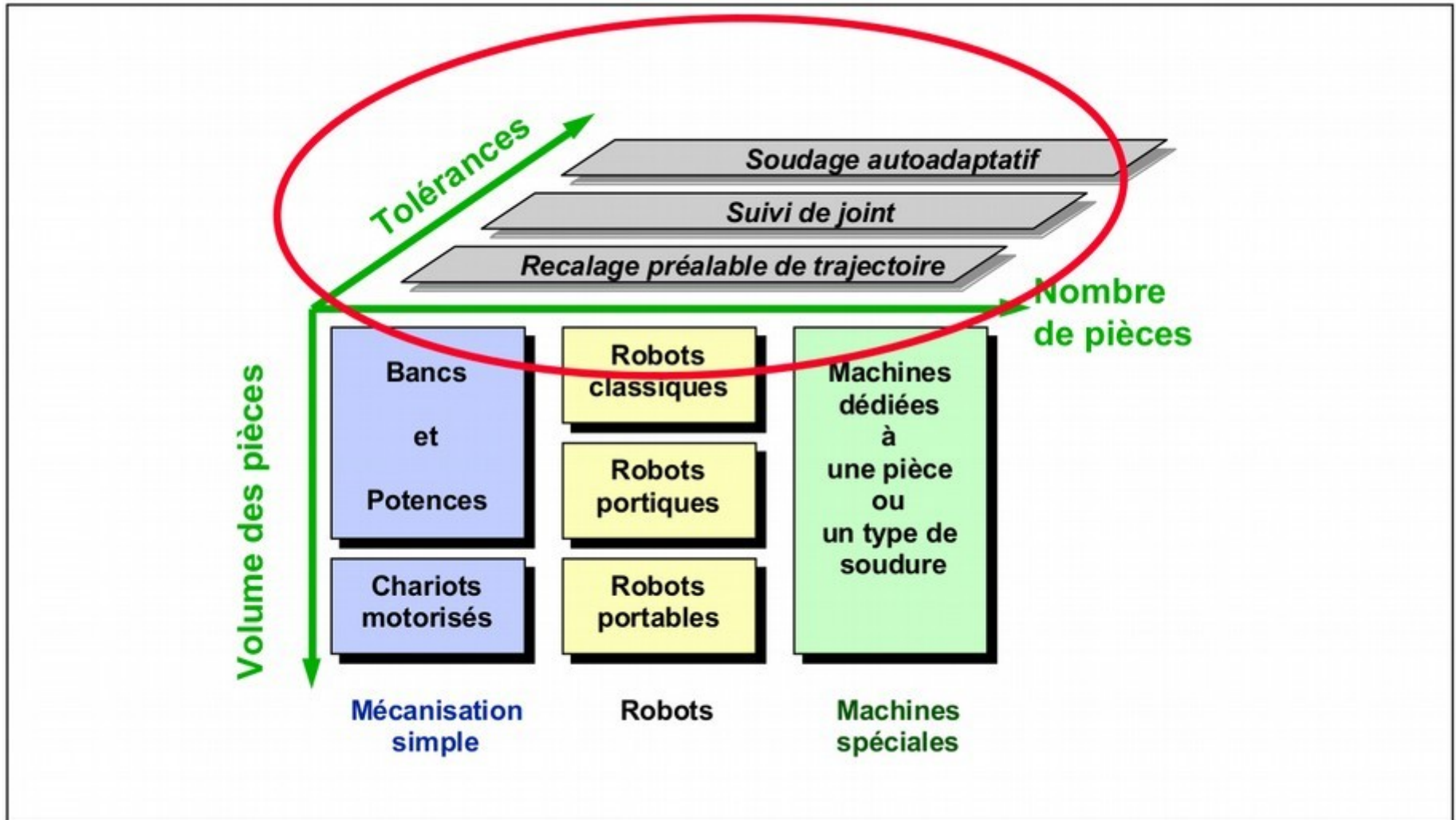


Approches spécifiques



- Soudures multipasses
- Programmes paramétrés
- Applications spéciales

# Automatisation du soudage



# Automatisation du soudage

## Les précisions recherchées

(Ordres de grandeur à moduler en fonction des soudures)

**Sous flux**    1- 2 mm

**MIG/MAG**    0,5 - 1 mm (1/2 diamètre fil)

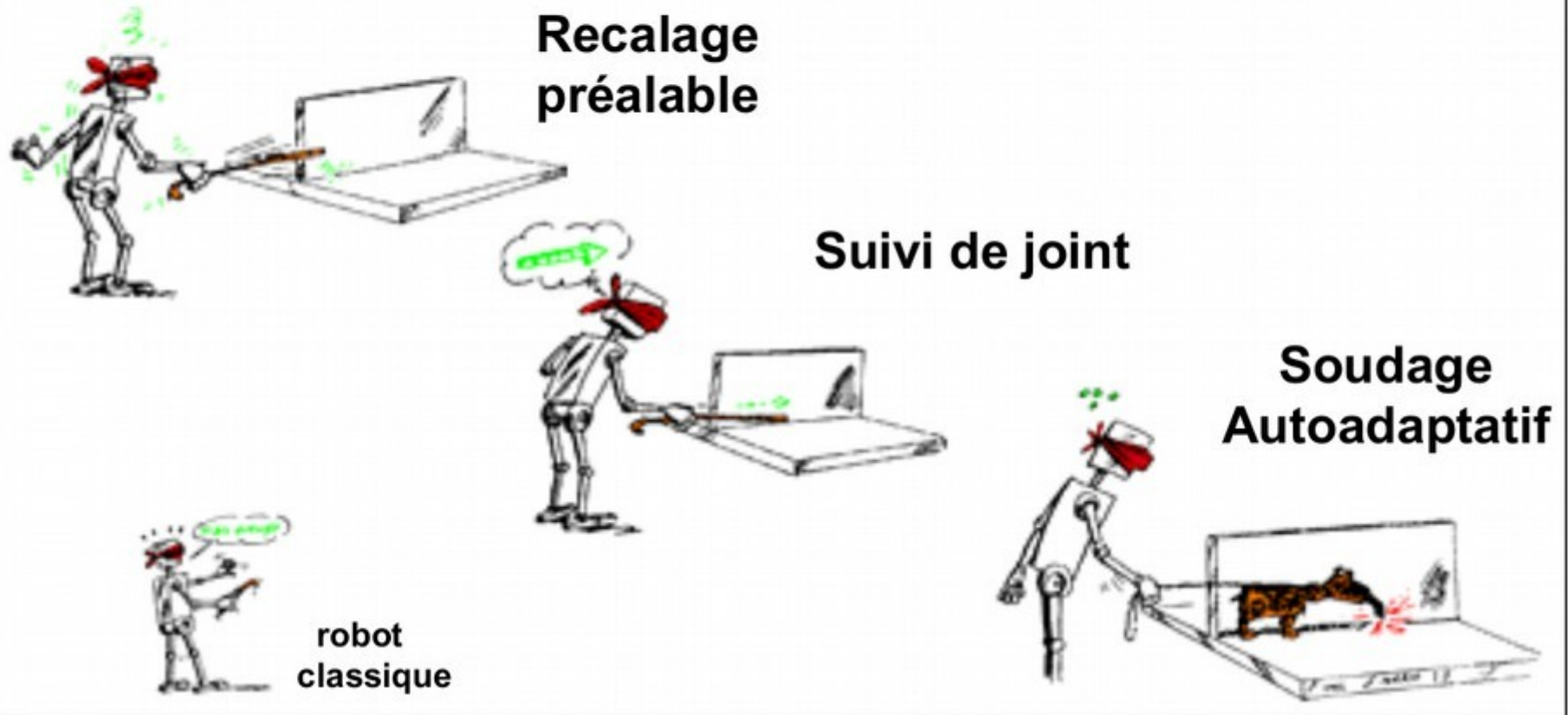
**TIG**            0,2 - 0,4 mm

**Plasma**        0,2 - 0,4 mm

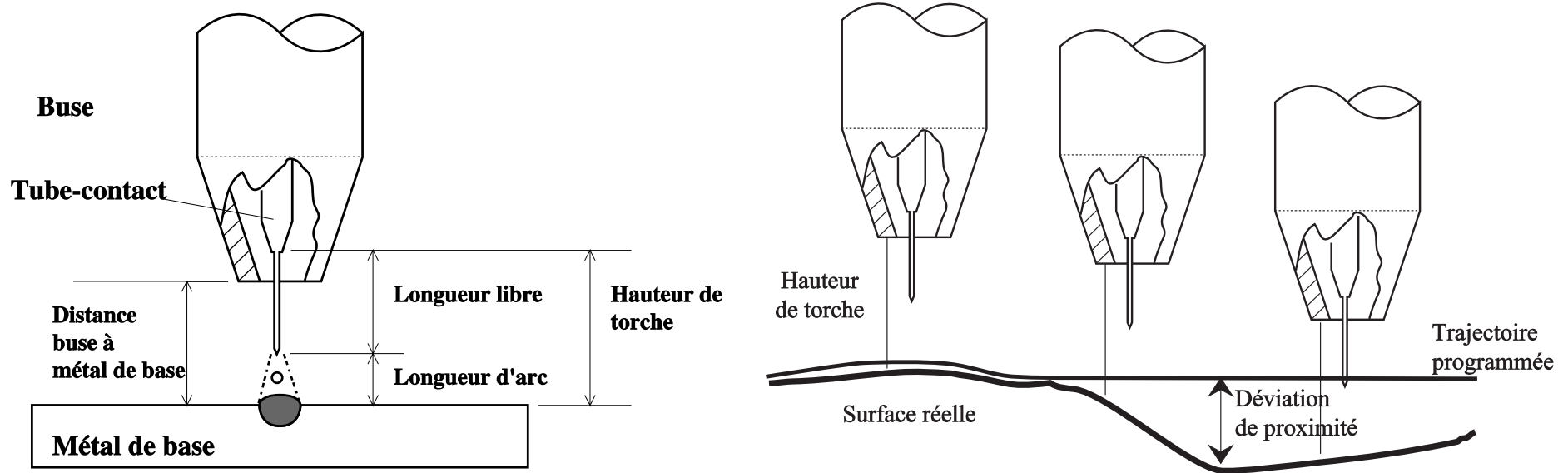
**Laser**          0,1 - 0,3 mm

# Automatisation du soudage

## Les différents niveaux d'adaptation



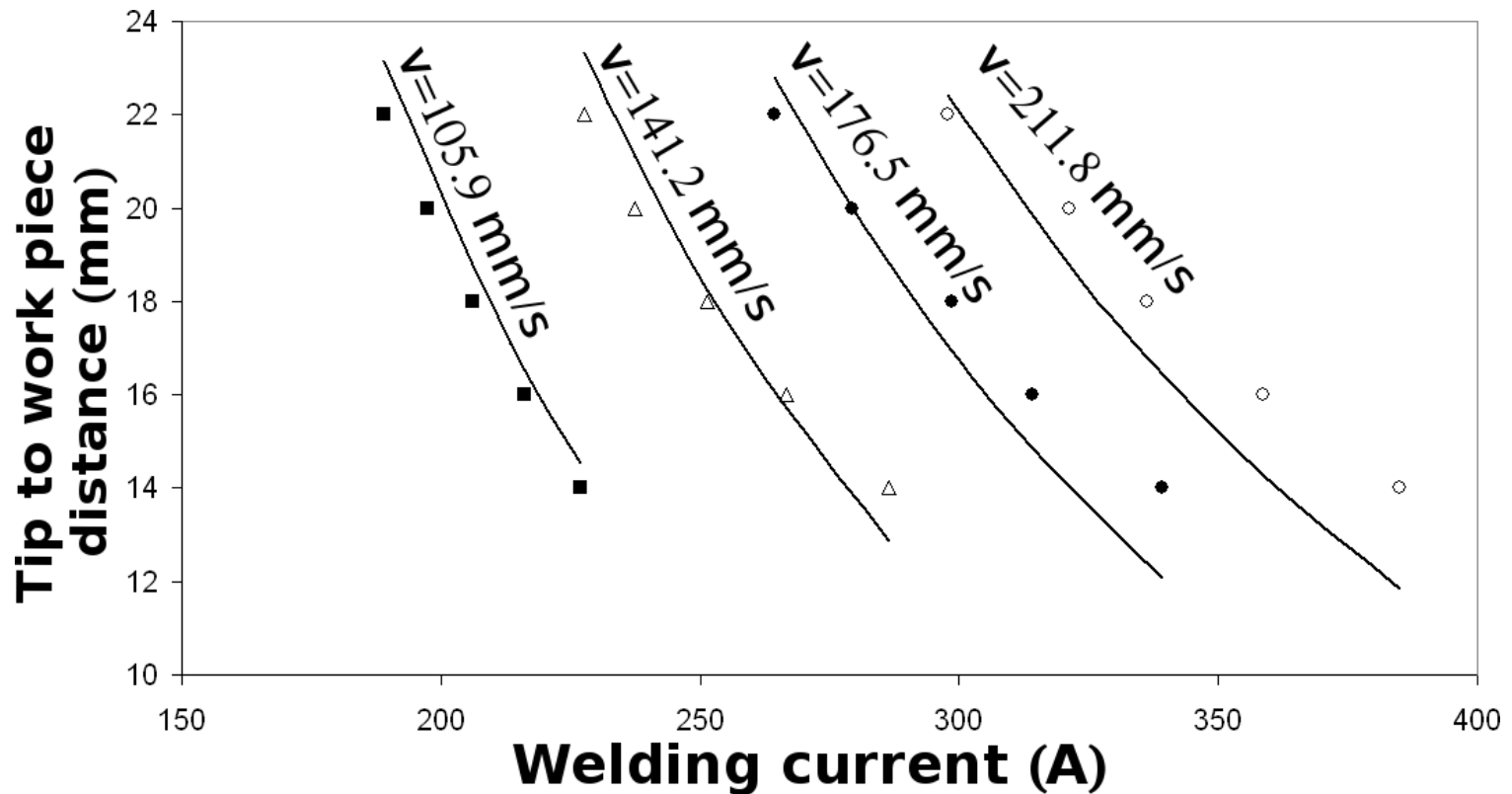
# Contrôle de hauteur



- La longueur libre est estimée grâce à un modèle fonction de la vitesse de dévidage du fil, de l'intensité de courant, de la tension d'arc et de constantes physiques (nature du fil, du gaz). Ce modèle exprime que le débit massique du fil est égal au taux de fusion du fil. Le taux de fusion dépend de l'énergie électrique de l'arc, transférée au fil, et de l'échauffement par effet joule dans la longueur libre.
- La longueur d'arc est estimée grâce à un modèle dépendant du courant et de la tension

# Contrôle de hauteur

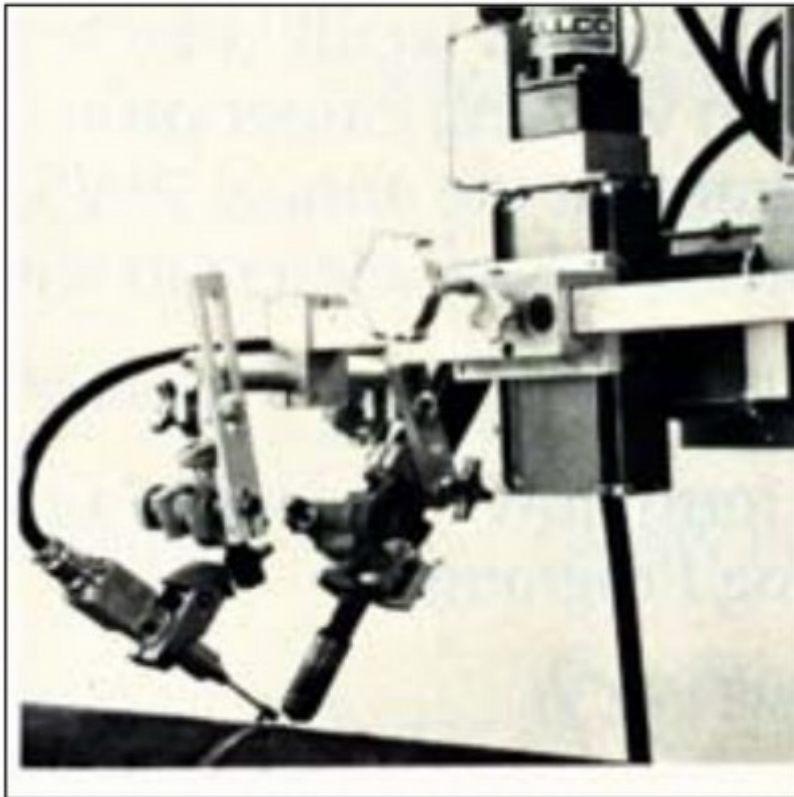
- Modèle de fusion  
(fil solide ER70-S6 de 1.2mm avec gaz 92%Ar 8%Co2)





# Automatisation du soudage

## Le suivi de joint



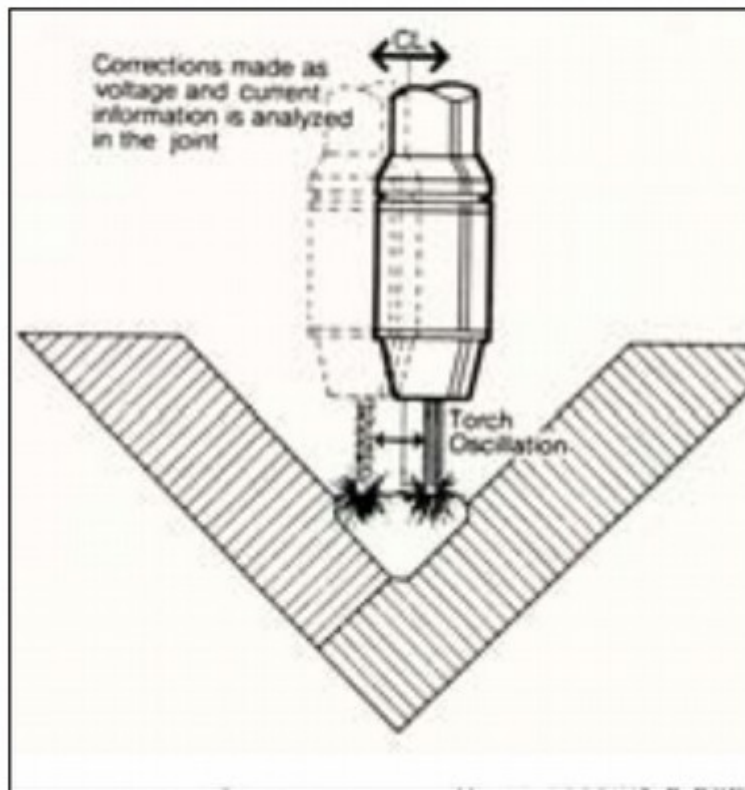
Palpage mécanique (*Bancs*)

Suivi à travers l'arc (*Robots*)

Vision (*Bancs+Robots*)

# Automatisation du soudage

## Le suivi de joint

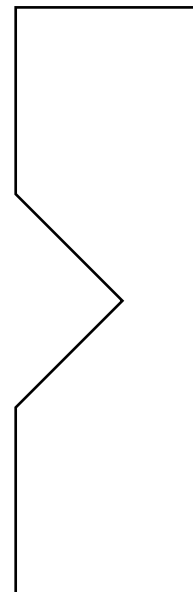
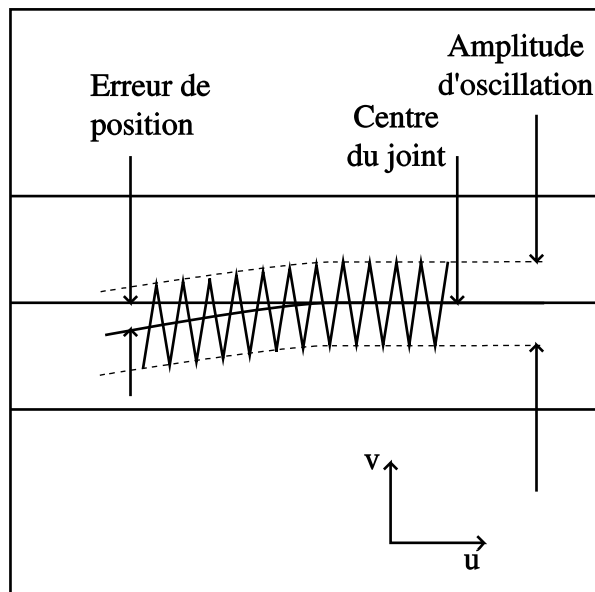
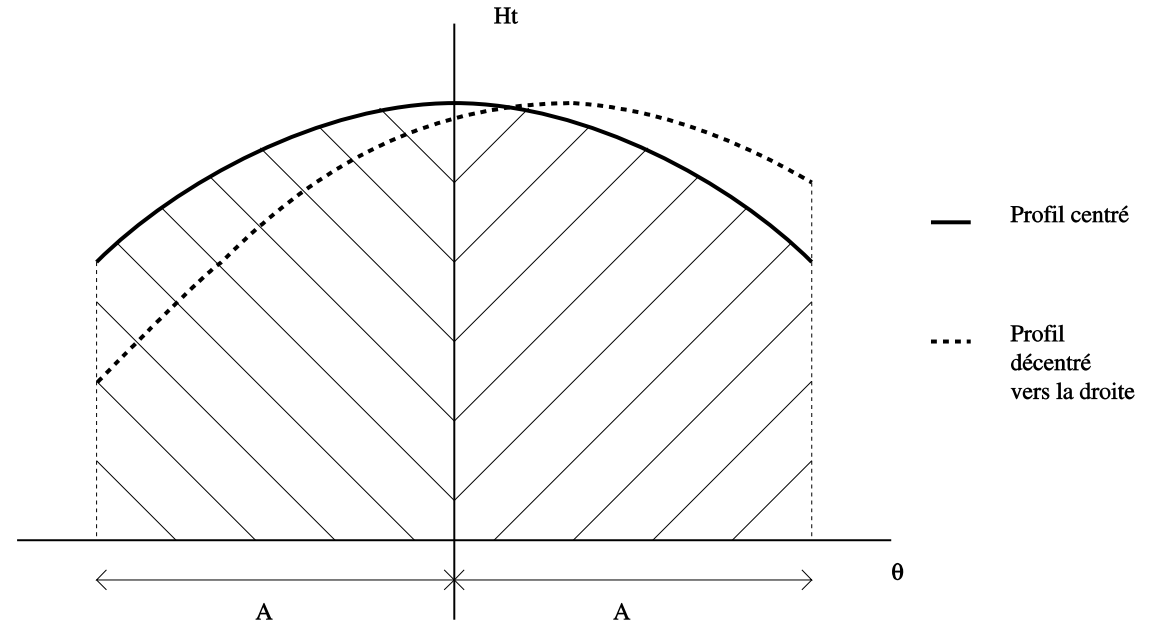
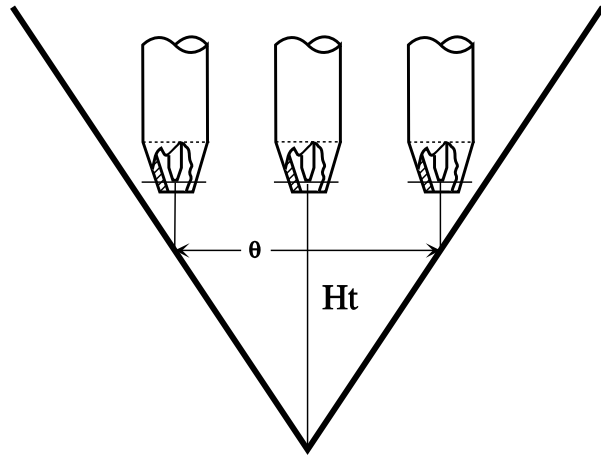


Palpage mécanique (*Bancs*)

Suivi à travers l'arc (*Robots*)

Vision (*Bancs+Robots*)

# Suivi de joint à travers l'arc



# Automatisation du soudage

## Le suivi de joint

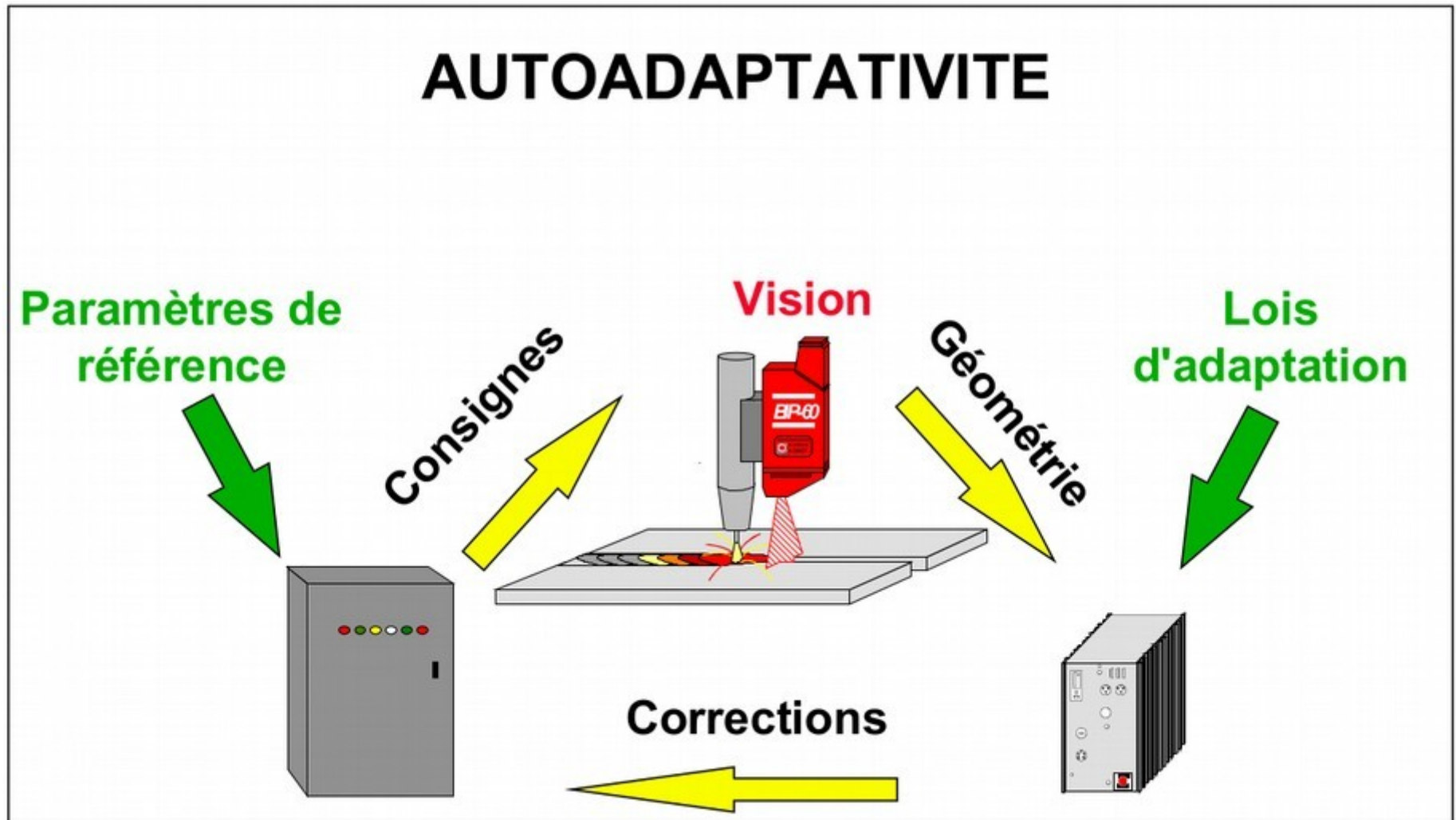


Palpage mécanique (*Bancs*)

Suivi à travers l'arc (*Robots*)

Vision (*Bancs+Robots*)

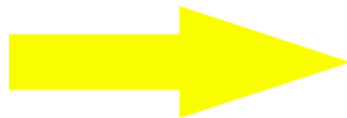
# Automatisation du soudage



# Automatisation du soudage

## Les lois d'adaptations

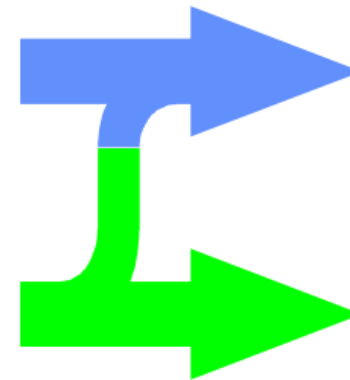
Géométrie  
du chanfrein



point de suivi

lois ou tables  
de soudage

trajectoires  
du robot



paramètres  
de soudage

# Santé - sécurité

- Un des objectifs de l'automatisation est de réduire l'exposition des travailleurs aux dangers du soudage
  - Fumée de soudage
  - Rayonnement de l'arc
  - Maux de dos, brûlure, tendinite ...
- En contre-partie, les équipements automatiques (et plus particulièrement les robots) peuvent aussi présenter des risques pour les humains.

# Normes en santé/sécurité

- Il existe une panoplie de normes (ISO, ANSI, CSA ...) en santé/sécurité pour encadrer la conception, l'installation et l'utilisation de machines automatiques ou de robots.
- Analyse de risque
  - Quantifier les risques selon leurs fréquences et leur dangersités.
  - Prendre des mesures de mitigation appropriées.
- Robots industriels
  - Mode automatique à l'intérieur d'un périmètre de sécurité
  - Mode manuel à basse vitesse avec dispositif de validation (dead man switch)



# Robot collaboratif (Cobot)

- Depuis quelques années on voit apparaître une nouvelle gamme de robots conçus pour travailler en collaboration avec des humains.
  - Robots et humains partagent la même enveloppe de travail.
  - ISO 10218-2 section 5.11
  - ISO/TS 15066 : spécifications des requis en sécurité
    - Facilite l'analyse de risque (force, pression, puissance, vitesse ...)
    - Si le contact entre robots et humains est autorisé et qu'un contact accidentel se produit, ce contact ne devrait pas causer de la douleur ou une blessure à l'humain.

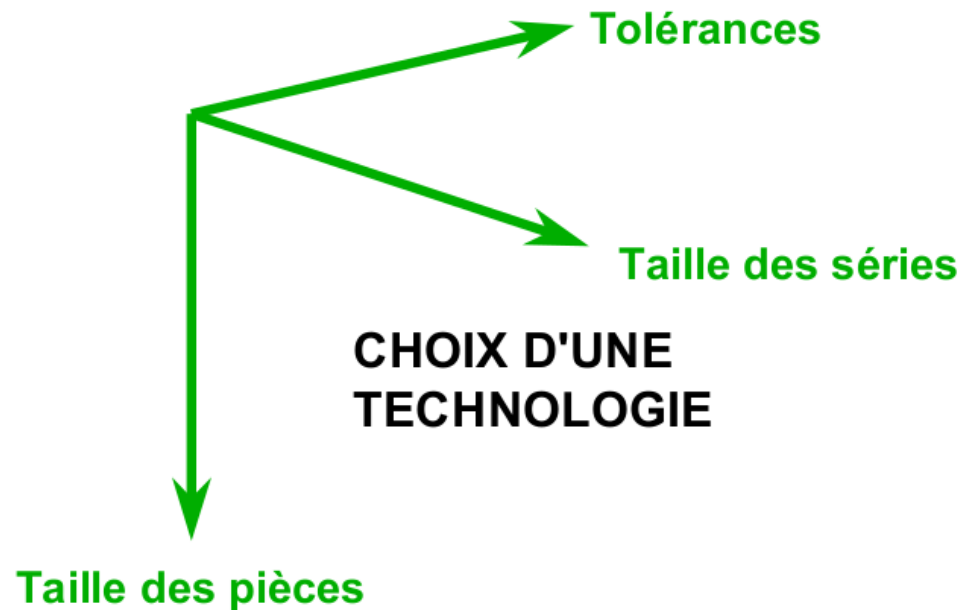
# Automatisation du soudage

## Introduction de l'automatisation

- La technologie adaptée au produit
- La technologie adaptée à l'entreprise
- Le choix des soudures
- Les coûts

# Automatisation du soudage

## La technologie adaptée au produit



# Automatisation du soudage

## La technologie adaptée à l'entreprise

Culture "soudage automatisé" : BE, atelier, ...  
(A prendre en compte dans les délais  
d'intégration du premier robot)

Opérateur  
soudeur

Programmation:  
Soudeur "évolué"

Conception :  
Spécialistes

Utilisation :  
Opérateur ou  
soudeur

Utilisation :  
Opérateur  
simple

BANCS  
POTENCES

ROBOTS  
PORTIQUES

MACHINES  
SPECIALES

CHARIOTS  
MOTORISES

ROBOTS  
PORTABLES

# Automatisation du soudage

## Choix des soudures automatisées

Soudeur manuel

soudures complexes  
=  
Utilisation  
intelligence humaine

Automatisme

soudures simples  
=  
Gain maximal

**Ne pas chercher systématiquement une automatisation totale**

# Automatisation du soudage

## Coûts

### Coûts initiaux

Equipement

Aménagement  
atelier

Formation

### Fonctionnement

Main d'oeuvre :

- programmation
- opérateurs

Maintenance

Consommables

Montages

# Automatisation du soudage

## Conclusion

**Connaissance des technologies disponibles  
+  
Approche pragmatique orientée vers la rentabilité**



**Détection des applications potentielles  
et  
Passage à l'acte**