

---

# LE SOUDAGE

## AU SERVICE DE LA MAINTENANCE

---



MINISTÈRE  
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE



Projet cofinancé par l'Union européenne.  
L'Europe s'engage en région Centre  
avec le fonds européen de développement régional.



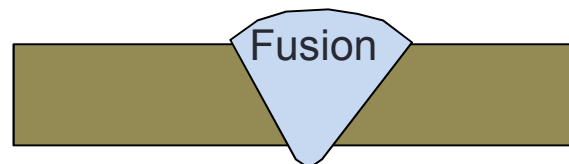
# Le soudage

- Assemblage de plusieurs éléments suite à la fusion obtenue par l'apport d'une énergie

**Source d'énergie**



**Chaleur**

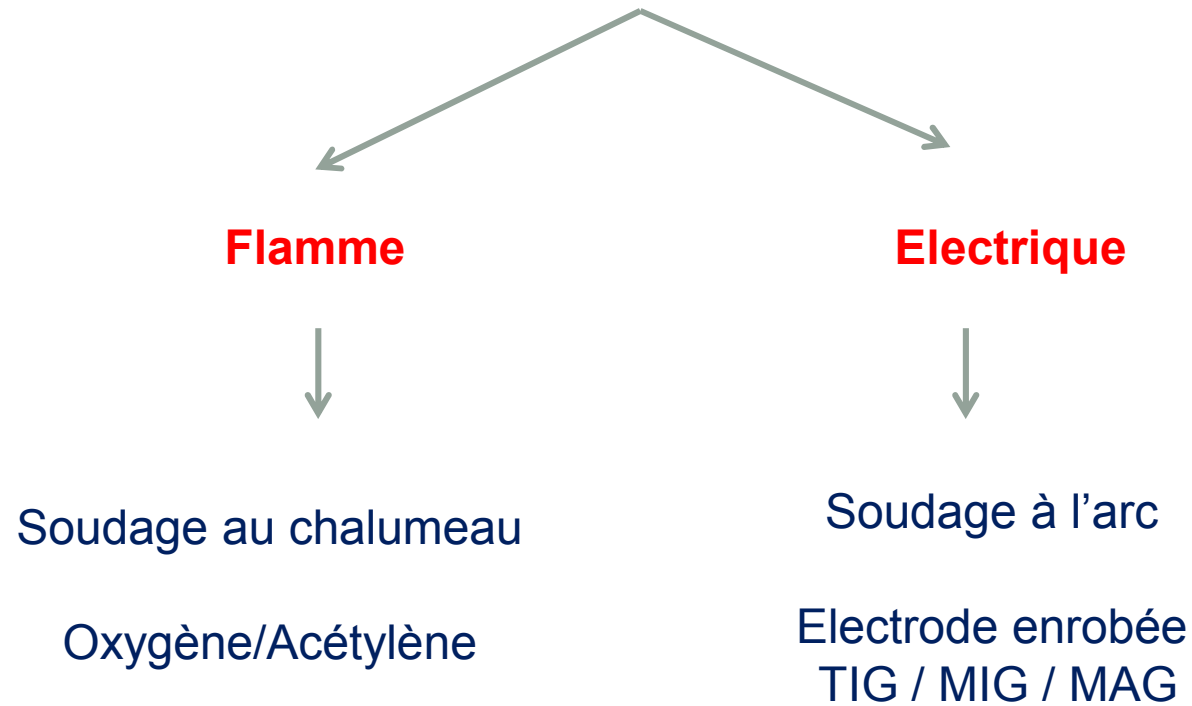


# Effets de la chaleur sur les métaux

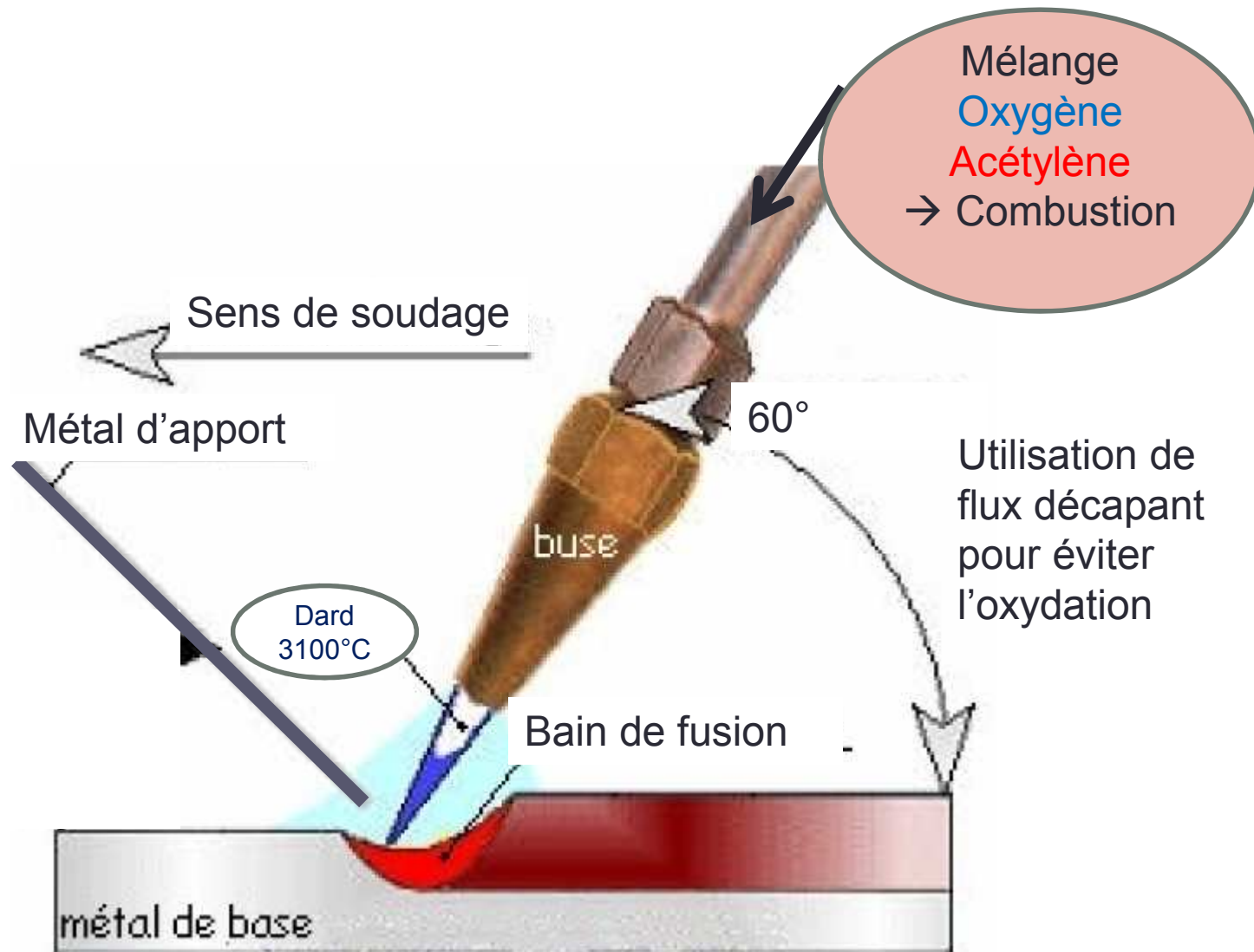
- Fusion et oxydation due à la présence d'oxygène
  - Protéger le métal fondu
- Modifications de la structure du matériaux
  - Souder avec des paramètres bien définis
- Déformations après refroidissement
  - Souder avec des paramètres bien définis
  - Traitement après soudage

# Le soudage

## Source d'énergie

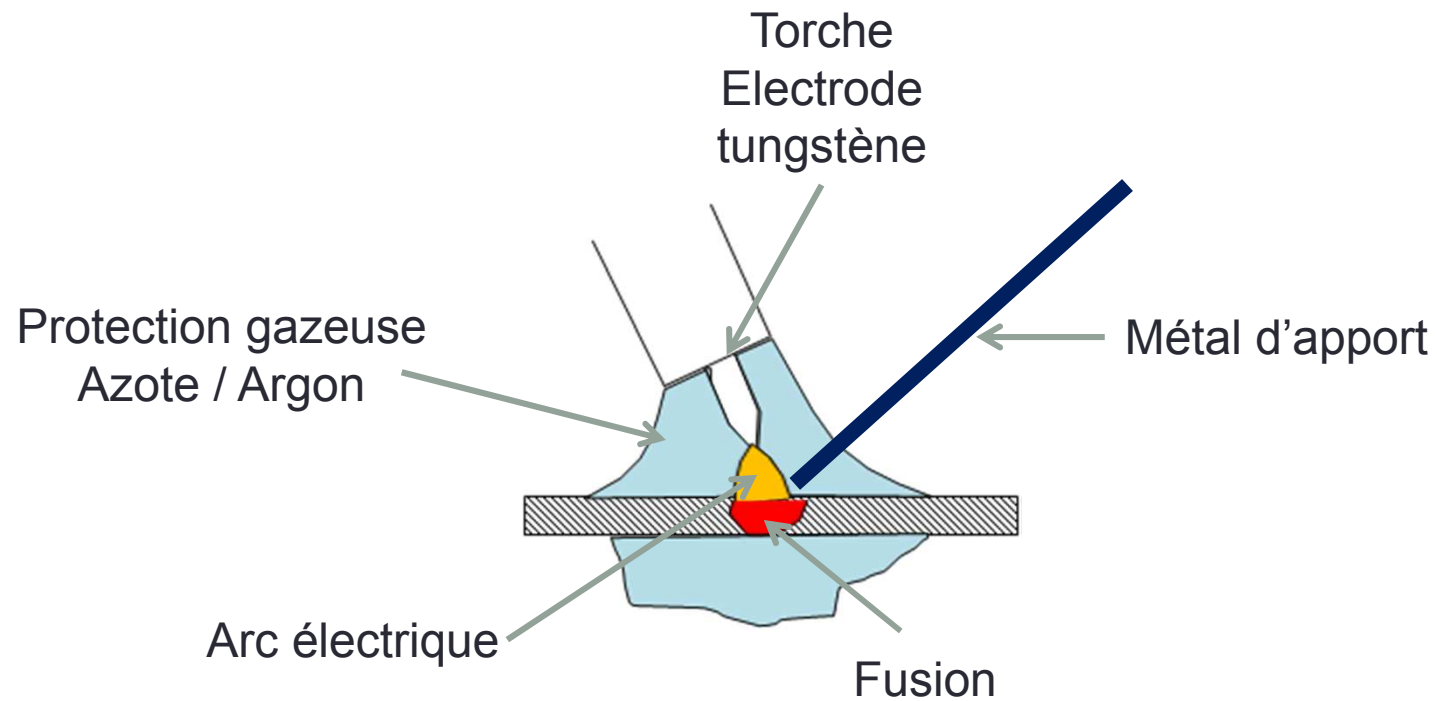


# Soudage au gaz ( chalumeau)



# Soudage TIG - 141

- Tungstène Inerte gaz

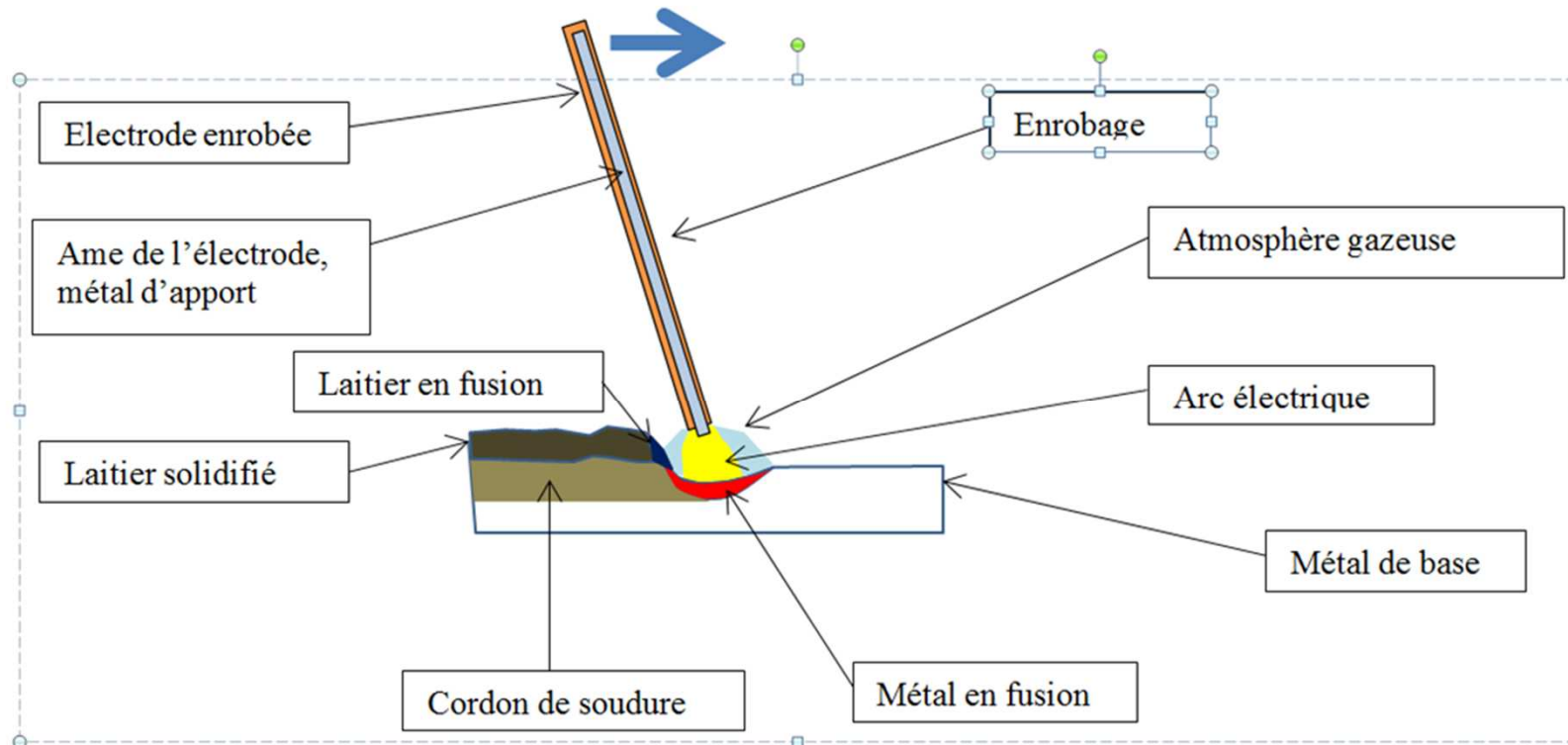


# Soudage Electrode Enrobé – EE - 111

- Electrode fusible (qui fond) enrobée
- Dépôt d'un laitier provenant de l'enrobage



# Soudage Electrode Enrobé – EE - 111



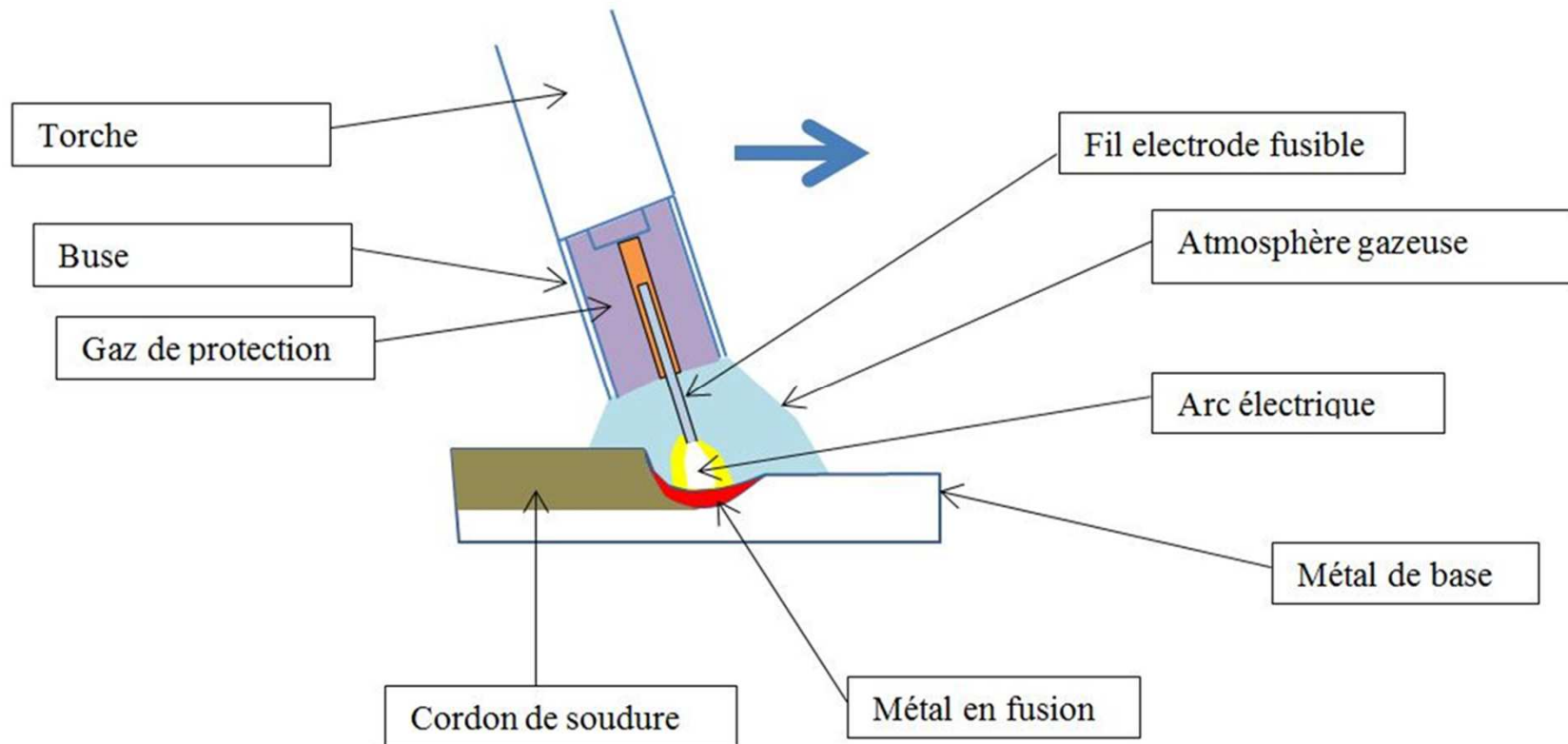


## MIG – Metal Inerte Gaz - MAG - Metal Active Gaz



- Arc électrique
- Electrode fusible (qui fond)
- Gaz de protection

## MIG – Metal Inerte Gaz - MAG - Metal Active Gaz



# Consignes d'hygiène et sécurité

---

- Soudage oxygène / Acétylène

- Bouteilles de gaz

- Utilisation de chariots
    - Zone de stockage ventilées



- Circuit de gaz

- Tuyaux de couleur
    - Clapet anti-retour
    - Matériel homologué pour acétylène



# Consignes d'hygiène et sécurité

---

- Arc électrique

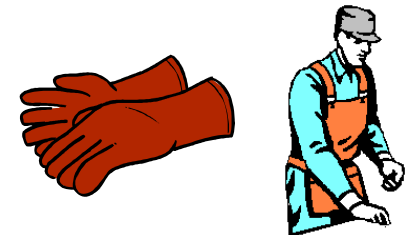
- Coups d'arc

- Protection des yeux
      - Masque
      - Réglage de la sensibilité en fonction des intensité
    - Protection des autres
      - Panneaux



- Rayonnement UV

- Protection de la peau
    - Masque
    - Vêtements couvrants



# Consignes d'hygiène et sécurité

---

- Fumées

- Aspiration
- Bonne ventilation



- Gaz inerte – l'argon est plus léger que l'air

Ne jamais laisser un soudeur seul  
à l'intérieur d'une cuve

---

## 2 - Le soudage au service de la maintenance

# Le soudage au service de la maintenance

---

- Réparation par soudage
  - Exigences réglementaires ou des clients ?
    - Canalisations pour produits alimentaires
    - Canalisations pour produits pharmaceutiques
  - Exigences de sécurité ?
    - Rails de sécurité
    - Appareils à pression
    - Potence de levage
    - Tuyauterie de gaz



**Soudeurs qualifiés**



**Contrôles**



# Le soudage au service de la maintenance

---

- Qualification des soudeurs → examen
  - Sur un type de matériau
  - Avec un type de procédé
  - Dans une position définie
  - Pour une plage d'épaisseur
- Durée de validité





# Le soudage au service de la maintenance

---

- Réparation en interne
- Intervention d'un sous-traitant

# Le soudage au service de la maintenance

---

- Processus
  - Définir le type de soudure DMOS → QMOS
  - Préparation de la soudure
  - Réalisation de la soudure
  - Contrôles

## Les Qualifications de Mode opératoire de soudage

---

Chaque type de soudure donne lieu à un Descriptif de Mode Opératoire de Soudage (DMOS) qui fait lui-même référence à une qualification préalable (QMOS)

# DMOS

## Descriptif de Mode Operatoire de Soudage

---

- Document regroupant les informations de l'opération de soudage
  - Préparation
  - Procédé
  - Type de gaz et débit
  - Paramètres de soudage
  - Position
  - Matériaux
  - Epaisseurs
  - Référence de la qualification
  
- Objectif : assurer un niveau de qualité

# DMOS

DESCRIPTIF DE MODE OPERATOIRE DE SOUDAGE MAG												
Référence du DMOS :					Date : 13/07/2011		Site :					
Référence du PV-QMOS :					Organisme d'inspection :							
Procédé de soudage : 135					Norme : EN 15614-1:2004							
Type d'assemblage : Soudure d'angle (pene partielle)					Position de soudage : PB							
Matière enveloppe (1) : DD13 / NF EN 10111					Matière piquage (2) : C15RPb / EN10277-4							
t (1) :	4,5	validité de	3,0	à	5,4	t (2) :	5,9	validité de	3,0	à	7,1	
Ø (1) :	320,0	validité de	25,0	à	>160	Ø (2) :	50,0	validité de	25,0	à	>50	
Composants concernés :												
Type de fil : EN 14341-A:02 G 42 4 M G3Si 1					Ø du fil : 1,2 mm		Ref. / Fourniss :					
Opération à effectuer :						Résultat obtenu :						
Paramètres machine de base pour l'essai												
Nature du gaz : M21 EN439 Arcal 21 (AR 92% + CO2 8%)					Debit du gaz : 18 ± 1 litre/mn							
Intensité : 240 A ± 10%					Tension générateur : 24,8 v ± 10%							
Type de courant polarité : DC+ Pulsé					Vitesse d'avance : 50,0 cm/min							
Temps de soudage arc à arc : 22,5 Sec.					Energie de soudage : 7,1 kJ/cm ±25%							
Marque du poste de soudage : Miller					Dividage fil : 8,0 m/min							
Nb. de passe : 1					Tension programmée : 29 v							
RESULTATS DES CONTROLES ET ESSAIS ( Voir PV - QMOS ) :												
Contrôle visuel conforme :						OUI						Commentaires :
Contrôle par ressuage conforme :						OUI						
Examen macrographique conforme :						OUI						
Test de dureté conforme <sup>(1)</sup> :						OUI						
METHODES (nom / date / visa)				EXAMINATEUR (nom / date / visa)				QUALITE (nom / date / visa)				

# Les Qualifications de Mode Opérateur de Soudage

## QMOS

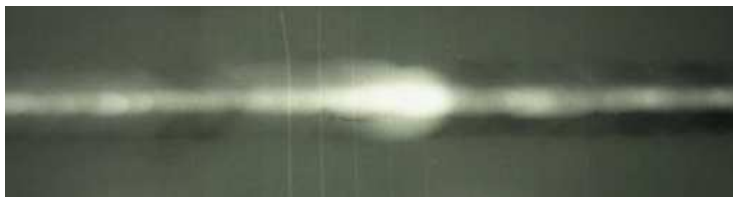
L'épreuve de qualification consiste à la réalisation d'un assemblage témoin, représentatif des conditions de soudage utilisées en fabrication.

# QMOS

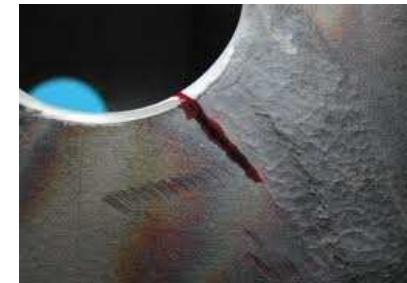
## Qualification Mode Opérateur de Soudage

La validation est accordée en fonction des résultats de contrôle

- Contrôle visuel
- Contrôle par ressuage
- Contrôle par ultrasons ou radio



Source : Astech



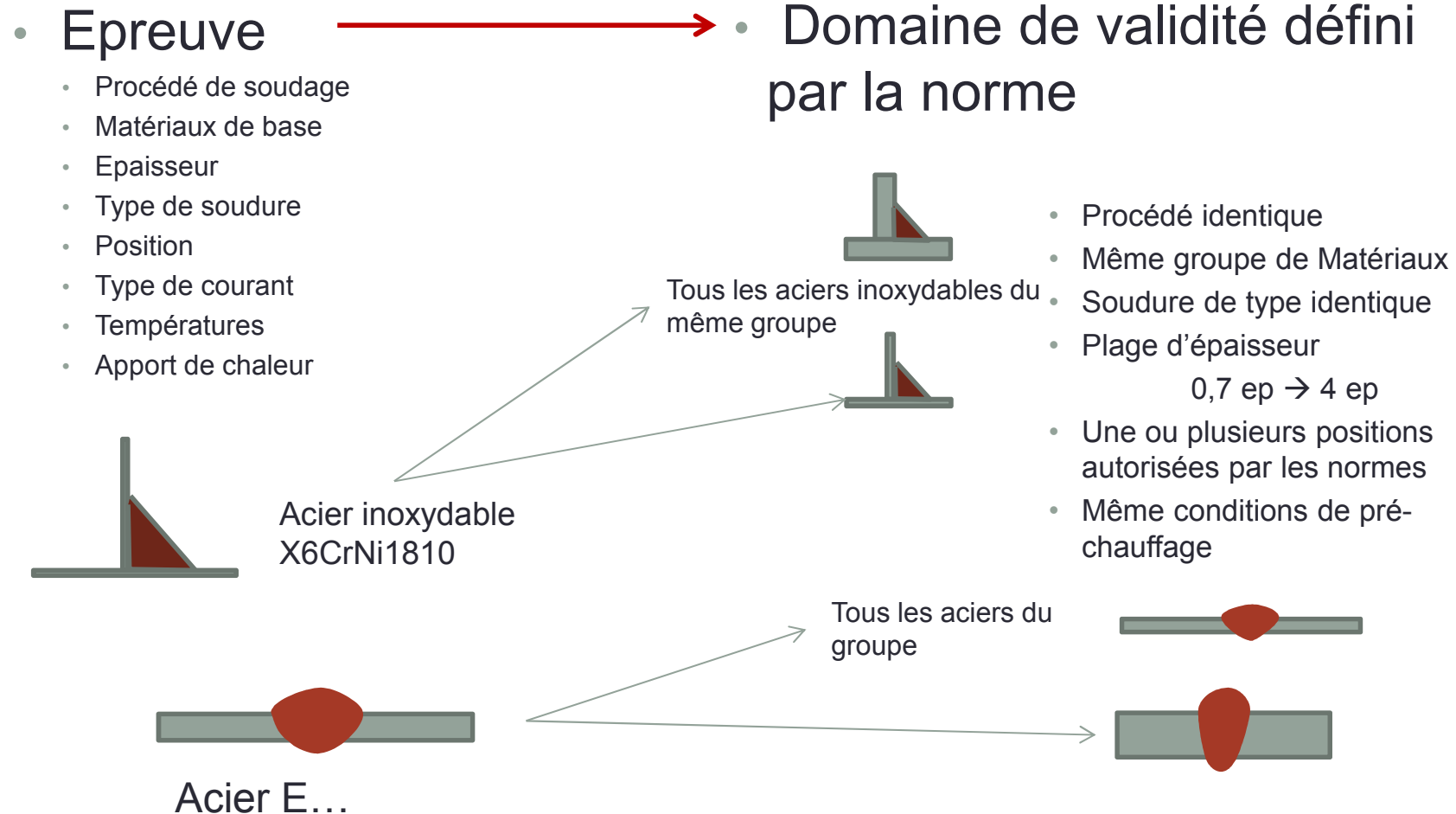
Source : Mallard-sa

- Examen macroscopique
- Essais de dureté
- Essais mécaniques (traction, flexion, pliage)



Source : Astech

# Domaine de validité d'un QMOS



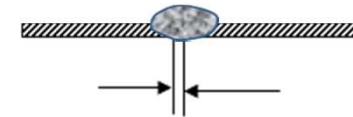


# La préparation des bords

- Soudure bord à bord

- Epaisseur < 3mm

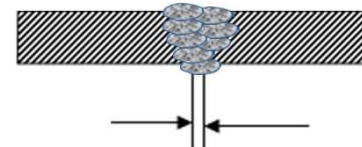
Bord à bord



Espacement 0 à 0,1 mm

- Epaisseur > 3 mm

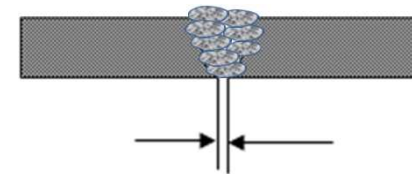
En V



Espacement 1 à 2 mm

- Très forte épaisseur

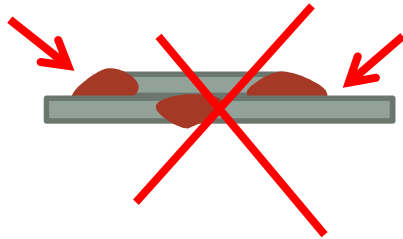
En tulipe



Espacement 1 à 2 mm

# Travail en fatigue

- Élément en rotation, vibrations...



Concentration de  
contraintes



Amorce de rupture

## Travail en fatigue

- → nombre de cycles



Coef 1 → Classe 100



Coef 0,8 → Classe x



Coef 0,6 → Classe xx



Coef 0,5 → Classe xx

# La préparation

- Nettoyage des pièces
  - Brossage
  - Solvants à froid

# La préparation

- Accostage des bords
- - Alignement
  - Pointage

# Les contrôles

- Quelles sont les exigences ?
  - Clients, réglementation
    - → Critères d'acceptation
    - → le type de contrôle

# Les contrôles

- Contrôle visuel

  - Défauts de surface

    - Manque fusion

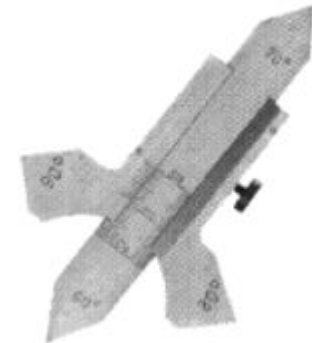
    - Cratères

    - Caniveaux

  - Morphologie du cordon

- Conditions et moyens de contrôle:

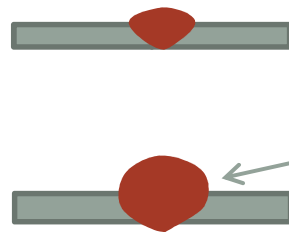
  - Eclairage correct
  - Bonne vue
  - Loupe
  - Jauge à vernier



# Les contrôles

## Morphologie du cordon

- → fatigue



Concentration de  
contraintes



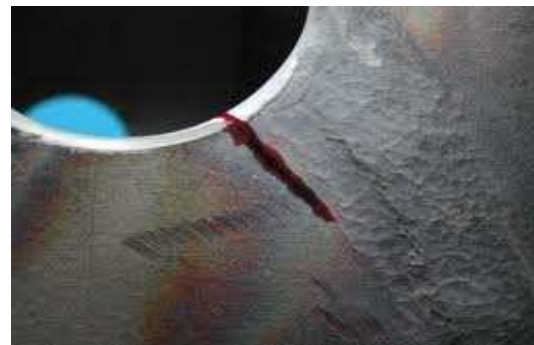
Amorce de rupture



# Les contrôles

- Contrôle ressuage

- Applications successives d'un produit pénétrant puis absorbant permettant de visualiser les défauts
- Défauts de surface → Fissures



Source : Mallard-sa

# Les contrôles

- Contrôle radiographique
  - Défauts internes
    - soufflures



Source : Astech

# Maintenance d'une unité de soudage (TIG)

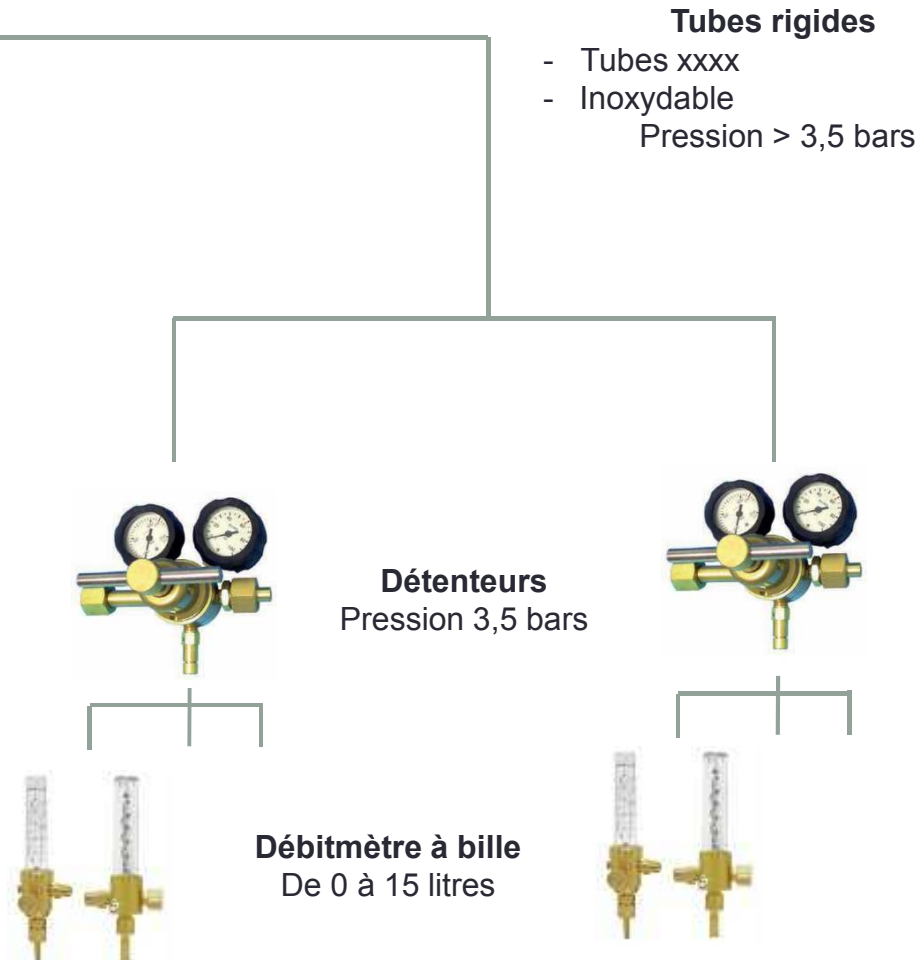
---

- Le circuit de gaz - Argon
- Les générateurs
- Les torches
- Les têtes orbitales

# Le circuit de gaz - Argon



**Argon pur à 99,995%**  
 O<sub>2</sub> < 5 ppm  
 H<sub>2</sub>O < 5ppm



# Le circuit de gaz - Argon

---

- Circuit en mauvais état
  - > pertes de gaz
  - > présence d'humidité
  - > présence d'oxygène

**Consommation importante  
Non-conformités en soudage**

# Le circuit de gaz - Argon

- Détection des fuites
  - Bombe aérosol de détection de fuite gazeuse
  - Détecteur de gaz par ultrasons



# Le circuit de gaz - Argon

---

- Qualité de l'argon en sortie de circuit

Oxygène : Analyseur d'oxygène

Humidité : Analyseur d'humidité



# Le circuit de gaz - Argon

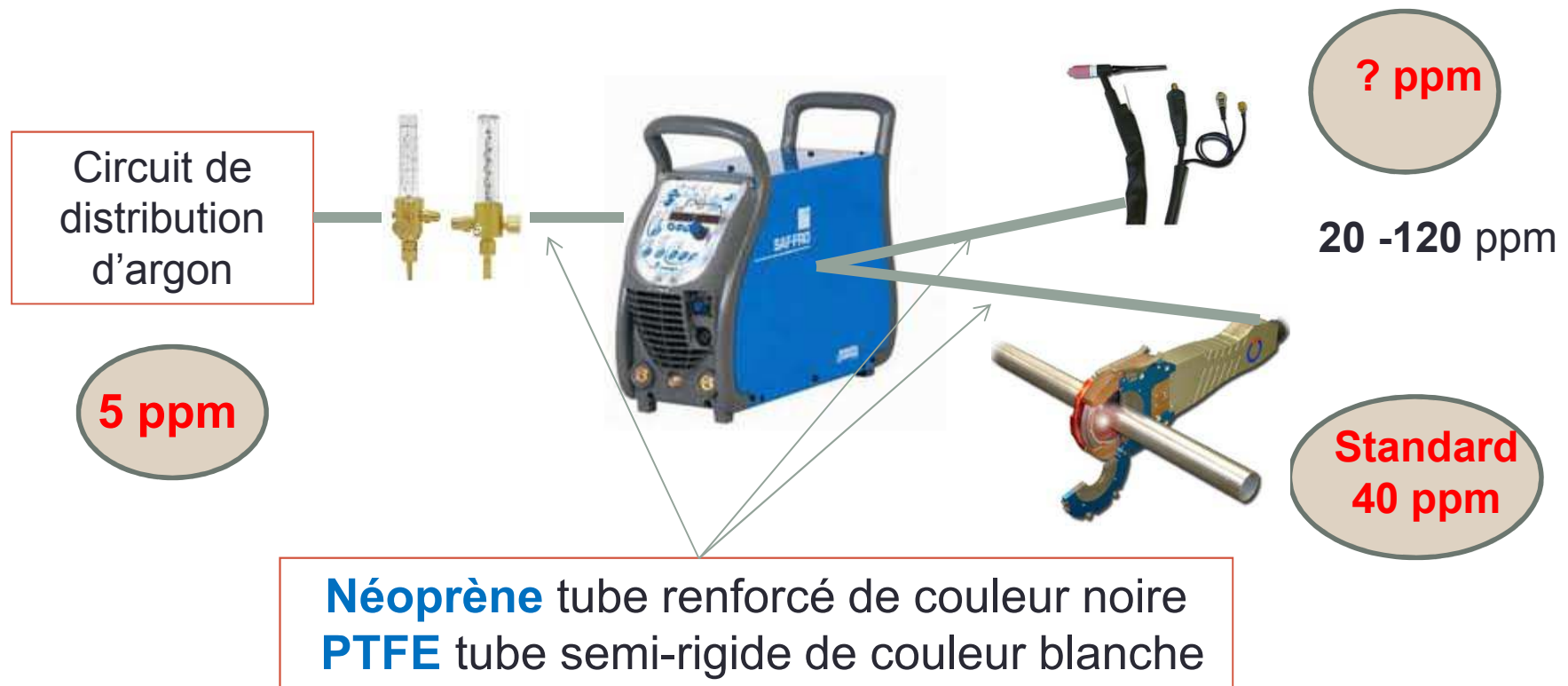
---

- Qualité de l'argon en sortie de circuit
  - Fournisseur de gaz (Linde gaz - Air liquide)
  - Prestataire



# Le circuit de gaz - Argon

- Qualité de l'argon en sortie torche ( ou tête)



# Les générateurs

---



- Maintenance préventive
  - Nettoyage du système de refroidissement
  - Etalonnage intensité sur trois valeurs
    - En aéronautique : +/- 1A jusqu'à 100A puis 1%
    - Périodicité en fonction des spécifications des clients

# Les torches



## Etat des fils au niveau de la poignée

Torche de rechange

- Uniformiser les types de torche
- Connectique identique
- Accessoires identiques



- Torche spécifique pour gaucher

# Les générateurs TIG automatiques

---



- Nettoyage du système de refroidissement
- Etalonnage
  - Intensité sur trois valeurs
  - Vitesse de rotation
  - Vitesse de fil
  - Débit de gaz
  - Périodicité en fonction des spécifications des clients

# Les têtes orbitales

---



Photo d'une tête ouverte

- Maintenance préventive
  - Dépose de la partie mécanique
  - Nettoyage du engrenages
  - Nettoyage des contacts électriques

→ périodicité : 230 heures d'utilisation

