



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث
العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد -
تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

En : Génie Mécanique

Spécialité : Assemblage soudée et matériaux

Par : YOUSFI RAMI

Sujet

Réglage du poste de soudage TIG sous la contrainte
des paramètres de soudage

Mr.BENACHOUR Mustapha	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
Mr.SEBA A Fethi	Professeur	Univ. Tlemcen	Encadreur
Mr.RAHOU Mohamed	Professeur	EPST.Tlemcen	Co-Encadreur
Mr. BRAIRI Samir	MCB	Univ. Tlemcen	Examinateur

Année universitaire : 2024 -2025

Remerciements

Je remercie « Allah » de m'avoir aidé à terminer ce modeste travail.

Au terme de cinq années d'étude au sein du département de génie mécanique, achevées par la rédaction et la soutenance de ce mémoire de master en Génie Mécanique option « ASM », nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à son bon déroulement.

J'ai tant de reconnaissance à exprimer à l'égard de Professeur SEBAA Fethi qui m'a proposé ce sujet et a suivi son élaboration avec grand soin. Grâce à ses larges connaissances, ses précieux conseils et ses encouragements, ce travail a été mené à terme. Ce fut un honneur de travailler avec lui.

Je remercie Co-encadreur Professeur RAHOU Mohammed qui m'a beaucoup soutenu. Ses conseils ont été des plus bénéfiques pour mener à bien ce travail, je lui exprime mon profond respect.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury, particulièrement Professeur BENACHOUR Mustapha et BRAIRI Samir MCB qui nous ont fait l'honneur de présider le jury et l'examen du mémoire.

Comme je remercie sans toutefois les citer, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Notre profonde reconnaissance s'adresse à l'ensemble des enseignants du département de Génie Mécanique.

Dédicaces

Nous dédions ce mémoire à ma famille, qui a été mon soutien constant tout au long de mon parcours universitaire. Votre amour inconditionnel, vos encouragements et votre soutien financier ont été essentiels pour que je puisse mener à bien cette recherche.

Je souhaite exprimer ma reconnaissance à mes amis proches, qui m'ont soutenu et motivé tout au long de cette aventure académique. Vos encouragements, vos discussions stimulantes et votre présence ont rendu ce parcours encore plus enrichissant.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé à cette étude en tant que participants ou qui ont fourni leur expertise et leurs conseils. Votre contribution a été essentielle pour la réussite de cette recherche.

Ce mémoire est dédié à vous tous, pour votre soutien indéfectible et votre croyance en mes capacités. Vous avez été une source de motivation constante et je vous suis profondément reconnaissant

Sommaire

Remerciements	2
Dédicaces.....	4
Liste des tableaux.....	9
Liste des figures.....	10
Abréviations.....	16
Résumé	18
المخلص.....	18
Introduction générale.....	19
Chapitre I : Généralités sur le soudage TIG	20
1. Introduction	21
2. Historique	21
3. Définition de soudage TIG / GTAW (141).....	21
4. Principe du procédé TIG.....	22
5. Avantages du procédé de soudage TIG.....	23
6. Inconvénients du procédé de soudage TIG.....	23
7. Domaine d'application	24
8. Paramètres de processus de GTAW.....	24
8.1. Courant de soudage	24
8.2. Tension de soudage.....	27
8.3. Vitesse de soudage	27
8.4. Gaz de protection.....	27
8.5. Taille de l'électrode	28
8.6. Métal d'apport.....	28
8.7. Systèmes d'amorçage e de l'arc	28
9. Modes 2T et 4T en soudage TIG	30
9.1. Mode 2T (2 touches).....	31
9.2. Mode 4T (4 touches).....	31
9.3. Utilisation les modes 2T et 4T	32
9.4. Fonctionnement les modes 2T et 4T en soudage TIG.....	32

9.5. Détails du mode 2T en soudage TIG	32
9.6. Détails du mode 4T en soudage TIG	32
10. Cycle de Soudage sur un Générateur TIG	33
10.1. Le pré-gaz : protection avant amorçage	33
10.2. L'Amorçage et la Montée en Intensité de l'Arc	34
10.3. L'Intensité de Soudage et le Maintien de l'Arc	34
10.4. Extinction Progressive de l'Arc (Ramp-Down)	35
10.5. Post-Gaz : Protection Après l'Extinction de l'Arc	35
10.6. Résumé du Cycle de Soudage en TIG	35
Chapitre II : Equipement de soudage TIG.....	37
1. Introduction.....	38
2. Générateurs TIG	39
3. Torches de soudage TIG	40
4. Différents types de buses pour torche TIG	41
4.1. Matériaux des buses TIG.....	41
4.2. Diamètre des buses et influence sur le soudage	42
4.3. Adaptation des buses aux conditions de soudage.....	42
5. Les électrodes	43
5.1. Différents types d'électrodes.....	43
5.2. Précautions d'utilisation.....	44
6. Préparation de la pointe de l'électrode	44
6.1. Affûtage de l'électrode en courant continu DC	44
6.2. Qualité de l'affûtage.....	44
6.3. Particularité du soudage en courant alternatif AC.....	45
7. Rôle des gaz de protection.....	45
7.1. Protection primaire : protéger le bain de fusion	46
7.2. Protection secondaire : éviter l'oxydation après le soudage.....	46
7.3. Protection envers : protéger la racine de la soudure.....	46
7.4. Choix des gaz selon l'application	47
7.5. Alimentation en gaz de protection	47
8. Métal d'apport	48

Chapitre III : Module développé	49
1. Introduction.....	50
2. Présentation de logiciel	50
3. Principales fonctions.....	50
4. Présentation du module.....	50
5. Choix de la fonction.....	51
5.1. Métal d'apport	51
5.2. Gaz de protection.....	53
5.3. Type de courant	55
5.4. Types de buses	57
5.5. Ampérage.....	59
5.6. Débit de gaz.....	62
5.7. Type d'électrodes.....	64
5.8. Vitesse de soudage	66
Conclusion générale et perspectives.....	68

Liste des tableaux

Tableau 1: Choix du type d'amorçage selon l'application	30
Tableau 2: Comparaison entre les modes 2T et 4T en soudage TIG	32
Tableau 3: Choix du débit de gaz en fonction du diamètre de buse et de l'intensité	42
Tableau 4: Classification des électrodes tungstène en soudage TIG	43

Liste des figures

Fig2. Polarités en courant directe [6].	26
Fig 3. Forme de courant pulsé [7].	26
Fig 4. Forme de courant AC [8].	27
Fig 5. Amorçage Par contact rapide[15].	28
Fig 6. Amorçage Sans contact[15].	29
Fig 7. Cycle de soudage TIG [19].	36
Fig 8. Schéma explicatif du procédé TIG [20].	38
Fig 9. Poste de soudage TIG.	39
Fig 10. Torches de soudage TIG [22].	40
Fig 11. Composants d'une torche.	41
Fig 12. Différents types de buses [23].	42
Fig 13. Types d'électrodes [25].	44
Fig14. Affûtage de l'électrod [27].	45
Fig 15. Gaz de protection.	46
Fig 16. schéma explicatif d'alimentation du bouteille gaz [29].	47
Fig 17. Interface du module développé.	50
Fig 18. Choix de la fonction.	51
Fig 19. Métal d'apport.	51
Fig 20. Choix de matériaux.	52
Fig 21. Métal d'apport entre inox et acier.	52
Fig 22. Informations de base du métal d'apport.	53
Fig 23. Gaz de protection.	53
Figure 24. Choix des matériaux.	54
Fig 25. Gaz de protection entre bronze et cuivre.	54
Fig 26. Informations de base du gaz de protection.	55
Fig 27. Type de courant.	55
Fig 28. Choix des matériaux.	56
Fig 29. Type de courant entre nickel et inox.	56
Fig 30. Informations de base de type de courant.	57
Fig 31. Type de buses.	57
Fig32. Choix des matériaux.	58
Fig 33. Type de buse et sa couler entre aluminium et aluminium.	58
Fig 34. Information de base de type de buse et sa couler.	59
Fig35. Ampérage.	59
Fig 37. Epaisseur choisie.	60
Fig 38. Ampérage entre titanium et titanium.	61
Fig 39. Information de base d'ampérage.	61

Fig 40. Débit de gaz.....	62
Fig 41. Choix des deux métaux à souder et le diamètre de la buse.	62
Fig 42. Débit de gaz.....	63
Fig 43. Informations de base de débit de gaz.....	63
Fig 44. Electrode.....	64
Fig 45. Choix des matériaux.....	64
Fig 46. Electrode entre la fonte et la fonte.....	65
Fig 47. Informations de base d'électrode.....	65
Fig 48. Vitesse de soudage.....	66
Fig 49. Choix des matériaux.....	66
Fig 50. Epaisseur choisie.....	67
Fig 51. Vitesse de soudage.....	67
Fig 52. Informations de la vitesse de soudage.....	67

Abréviations

TIG : *Tungsten Inert Gas*

GTAW : *Gas Tungsten Arc Welding.*

CAW : *Conception Assistée par Ordinateur.*

VB6 : *Visual Basic 6.0.*

HF : *Haute Fréquence.*

DC : *Courant Continu.*

AC : *Courant Alternatif.*

DCEN : *Direct Current Electrode Negative.*

DCEP : *Direct Current Electrode Positive.*

SMAW : *Shielded Metal Arc Welding*

MIG : *Metal Inert Gas.*

MAG : *Metal Active Gas*

2T : *2 Temps*

4T : *4 Temps*

Résumé

Le soudage TIG est une technique de soudage utilisant une électrode de tungstène non consommable et un gaz inerte pour protéger la zone de soudage.

Ce travail a pour but développer un module dans un environnement CAW pour présenter les fonctions essentielles de soudage TIG

Pour atteindre cet objectif, deux parties ont été nécessaires. La première partie présente le procédé TIG et c'est équipements

La seconde partie décrit la mise en œuvre du module dans un environnement CAW dédié au soudage TIG, en précisant les paramètres analysés.

La validation de ce module est assurée par l'utilisation du programme Visual Basic 6.0
mot clés : soudage , TIG , SMAW , fonction , paramètre , VB6 , poste soudage TIG .

Abstract

TIG welding is a welding process that uses a non-consumable tungsten electrode and an inert gas to protect the weld zone.

This project aims to develop a module in a computer-aided design CAW environment dedicated to TIG welding, highlighting its essential functions.

To achieve this goal, the work is divided into two main parts:

The first part presents the TIG process and its equipment.

The second part describes the implementation of the module within the CAW environment, specifying the technical parameters considered.

The module was validated using the Visual Basic 6.0 programming language.

keywords: welding, TIG, SMAW, function, parameter, VB6, TIG welding station.

المخلص

اللحام بواسطة القوس الكهربائي المغمور بالغاز الخامل هو تقنية لحام تستخدم قطبًا غير قابل للاستهلاك اللحام

مصنوع من التنجستن

يهدف هذا المشروع إلى تطوير وحدة برمجية ضمن بيئة تصميم بمساعدة الحاسوب مخصصة للحام، مع التركيز على

الوظائف الأساسية لهذا النوع من اللحام

ولتحقيق هذا الهدف، تم تقسيم العمل إلى جزأين رئيسيين

الجزء الأول يعرض عملية اللحام و معداته

أما الجزء الثاني، فيتناول تنفيذ الوحدة البرمجية في بيئة التصميم، مع توضيح المعلمات التقنية التي تم التعامل معها

وقد تم التحقق من صحة هذا النموذج باستخدام لغة البرمجة Visual Basic 6.0

محطة، VB6، الوظيفة، المعلمة، SMAW، TIG، الكلمات المفتاحية: اللحام

TIG لحام

Introduction générale

Le soudage TIG est un procédé de soudage à l'arc avec électrode non fusible sous protection de gaz inerte. Il est connu pour produire des soudures de haute qualité, précises et propres, notamment pour les métaux comme l'aluminium, l'acier inoxydable et le titane. Ce procédé est largement utilisé dans les industries aéronautique, automobile et de fabrication fine.

Ce travail consiste à développer un module dans un environnement de soudage assisté par ordinateur CAW

Afin d'atteindre cet objectif, ce mémoire est structuré en trois chapitres.

Le premier chapitre résume les généralités sur le procédé de soudage TIG.

Le deuxième chapitre est consacré aux différents équipements de soudage TIG

Le troisième chapitre présente le développement du module dans un environnement CAW dédié au soudage TIG, en détaillant les fonctions essentielles, ainsi que les paramètres traités.

Ce travail se termine par une conclusion générale suivie de perspectives.

Chapitre I

Généralités sur le soudage TIG

1. Introduction

Le soudage est un procédé d'assemblage permanent de joindre deux ou plusieurs pièces métalliques en les fusionnant, avec ou sans ajout de métal d'apport. Il existe plusieurs types de soudage, dont le soudage TIG. Dans ce chapitre, nous examinerons les réglages du soudage TIG, les méthodes de contrôle de ce procédé ainsi que les différents facteurs qui influencent sa mise en œuvre.

2. Historique

Avant l'invention du soudage TIG, les techniques de soudage les plus courantes étaient le soudage à l'arc avec électrodes enrobées SMAW et le soudage oxyacétylénique. Bien que largement utilisées, ces méthodes présentaient des limites, notamment pour l'assemblage de matériaux sensibles à l'oxydation, comme l'aluminium et le magnésium. Le soudage à l'arc avec électrodes enrobées générait des projections et des impuretés, tandis que le soudage oxyacétylénique ne permettait pas toujours un contrôle précis de la chaleur, entraînant des défauts dans les soudures des alliages légers. Face à ces défis, Russell Meredith, ingénieur chez Northrop Aircraft en Californie, développa en 1940 un procédé innovant capable de répondre aux exigences de l'industrie aéronautique, qui nécessitait des soudures de haute qualité sur des matériaux légers. Son invention, baptisée Heliarc, reposait sur l'utilisation d'une électrode en tungstène non fusible et d'un gaz de protection, l'hélium, pour isoler le bain de fusion de l'oxydation et assurer une soudure plus propre et résistante. Ce procédé révolutionnaire permit d'améliorer considérablement la qualité et la fiabilité des soudures sur les alliages légers, ouvrant la voie à une large adoption du soudage TIG dans diverses industries. [1]

3. Définition de soudage TIG / GTAW (141)

Le soudage TIG est un procédé de soudage à l'arc qui utilise une électrode non fusible en tungstène. Il peut être réalisé avec ou sans métal d'apport en fonction des besoins de l'assemblage.

Lors du processus, un arc électrique se forme entre l'électrode en tungstène et la pièce à souder. Cet arc génère une énergie thermique intense qui permet de porter localement le métal à son point de fusion. Si un métal d'apport est nécessaire, un fil métallique est introduit manuellement ou mécaniquement dans la zone de fusion, où il se mélange au métal de base pour former un bain de fusion homogène. Une fois le refroidissement terminé, ce bain de fusion se solidifie pour constituer un cordon de soudure robuste et durable.

Pour garantir une soudure de haute qualité et éviter toute contamination du bain de fusion, l'ensemble de la zone de travail (électrode, métal d'apport en fusion et zones avoisinantes) est protégé par une atmosphère de gaz inerte, généralement de l'argon ou un mélange d'argon et d'hélium. Ce gaz empêche la formation d'oxydes et de nitrures en excluant l'oxygène et l'azote présents dans l'air ambiant, ce qui améliore la solidité et l'aspect final de la soudure.

Grâce à sa précision et à la qualité des soudures obtenues, le procédé TIG est largement utilisé pour souder des matériaux sensibles comme l'acier inoxydable, l'aluminium, le titane et les alliages spéciaux. Il est particulièrement apprécié dans des secteurs exigeants tels que

l'aéronautique, l'industrie chimique, la construction navale et la fabrication de pièces de haute technicité.[2]

La figure1 illustre le schéma explicatif du procédé TIG

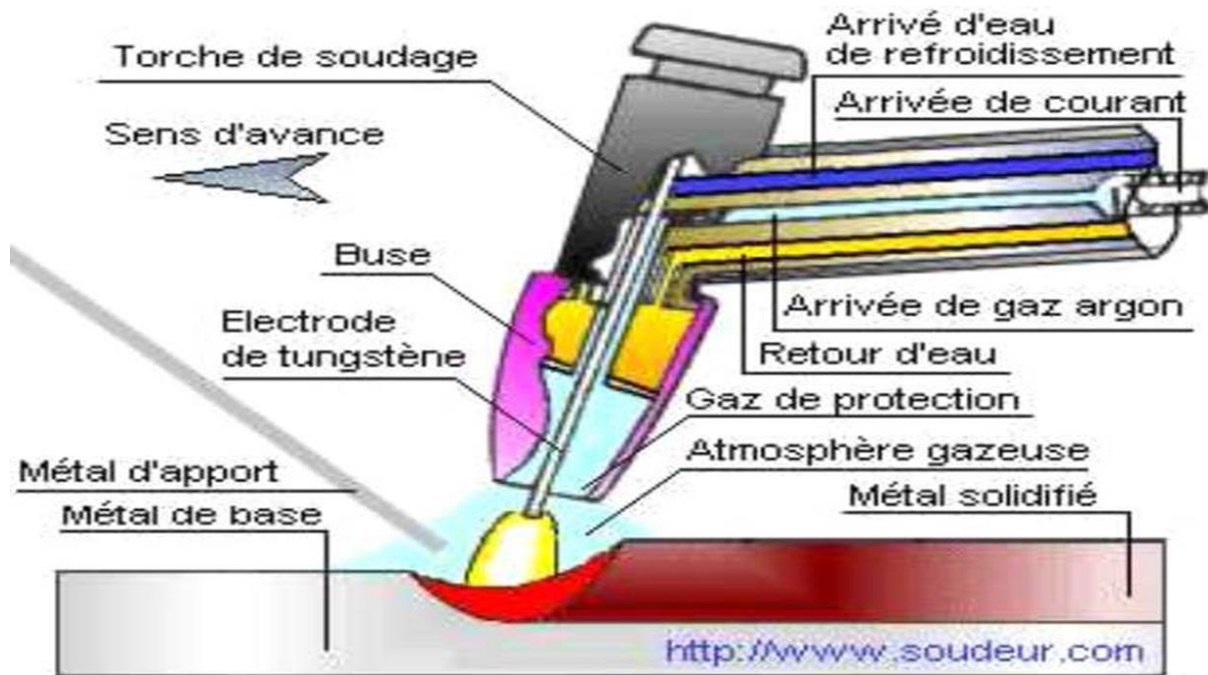


Fig1. Schéma explicatif du procédé TIG[3].

4. Principe du procédé TIG

La torche de soudage est connectée à la borne de sortie négative du générateur, qu'il fonctionne en courant continu ou alternatif. De son côté, la pince de masse est reliée à la borne positive du générateur et fixée directement sur la pièce à souder afin d'assurer la circulation du courant électrique nécessaire à l'établissement de l'arc. Pour protéger la zone de soudure contre l'oxydation et les impuretés atmosphériques, un gaz de protection (généralement de l'argon ou un mélange d'argon et d'hélium) est acheminé depuis une bouteille haute pression. Cette bouteille est équipée d'un détendeur et d'un débitmètre permettant de réguler avec précision le débit du gaz avant qu'il n'atteigne la torche.

L'amorçage de l'arc peut être réalisé de deux manières, selon l'équipement utilisé. Sur les postes dépourvus d'amorçage haute fréquence, l'arc s'établit lorsque le soudeur actionne la gâchette de la torche et met brièvement en contact la pointe de l'électrode en tungstène avec la pièce à souder. Ce contact provoque un court-circuit qui initie l'arc électrique, mais il présente l'inconvénient de risquer l'inclusion de particules de tungstène dans la soudure, pouvant altérer la qualité du joint.

À l'inverse, les postes équipés d'un système d'amorçage haute fréquence permettent d'initier l'arc sans contact direct entre l'électrode et la pièce. Ce procédé repose sur la génération d'une décharge électrique de haute tension, de l'ordre de plusieurs milliers de volts, à une fréquence comprise entre 1 et 2 MHz. Cette décharge ionise l'air entre l'électrode et la pièce pendant un

très bref instant, facilitant ainsi la formation de l'arc sans risque de contamination du bain de fusion par le tungstène. Cette méthode est particulièrement appréciée pour les soudures nécessitant une grande propreté et une précision optimale, notamment dans l'industrie aéronautique, nucléaire et pétrochimique.[4]

5. Avantages du procédé de soudage TIG

Les avantages des procédé TIG son:

- Une soudure de très bonne qualité sur presque tous les métaux employés en industrie;
- Excellente visibilité de l'arc et du bain de fusion;
- Il n'y a pas de métal qui est transféré à l'arc. Il est donc possible de faire des soudures sans métal d'apport (par fusion seulement);
- Le soudage s'exécute dans toutes les positions;
- Il n'y a pas d'inclusions de laitier qui risquent d'être emprisonnés dans la soudure;
- Le procédé est souvent utilisé pour exécuter la passe de fond d'une soudure multi-passes sur tôle épaisse où sur tuyau. On s'assure ainsi d'une très bonne pénétration;
- Le soudage GTAW se prête particulièrement bien à l'automatisation;
- Aucune projection;
- Excellent contrôle du bain de fusion;
- La possibilité que la source de chaleur et le métal d'apport soit contrôlé indépendamment;
- Peut être utilisé sur différentes sources de courant;
- Bon contrôle de la déformation;
- Soudage des métaux réfractaires (niobium, tantale, molybdène, etc.) qui sont très sensibles à l'oxydation à hautes températures ;
- Soudage des métaux très réactifs avec l'air: magnésium, aluminium, titane, zirconium ;

6. Inconvénients du procédé de soudage TIG

Les inconvénients des procédé TIG son:

- Taux de dépôt faible si non automatisé;
- Demande plus de dextérité manuelle et de coordination;
- Plus dispendieux comparativement à d'autres procédés;
- Peu pratique pour des épaisseurs supérieures à 10 mm (3/8 ");
- Sensible aux courants d'air;
- Possibilité de contamination ou de porosité par le liquide de refroidissement

par condensation ou s'il y a une fuite;

7. Domaine d'application

Le soudage TIG permet d'obtenir des assemblages propres, esthétiques et résistants, tout en assurant un excellent contrôle du bain de fusion. Grâce à sa capacité à souder des épaisseurs fines et à garantir un arc électrique stable, il est largement utilisé dans des secteurs exigeants comme l'aéronautique, l'automobile, la tuyauterie industrielle, l'agroalimentaire, la pétrochimie, l'industrie pharmaceutique et le secteur naval. Cependant, cette technique requiert une grande habileté de la part du soudeur, qui doit parfaitement maîtriser la coordination entre l'apport de métal et la gestion de la torche. Le soudage TIG est compatible avec une grande variété de métaux et d'alliages, notamment l'aluminium, le cuivre, le nickel, le magnésium, les aciers faiblement alliés et les matériaux réactifs comme le titane. Il s'avère particulièrement efficace pour souder des métaux légers et des matériaux difficiles à assembler avec des procédés conventionnels. Grâce à sa flexibilité et à sa capacité à produire des soudures d'une qualité irréprochable, il est aujourd'hui l'une des méthodes de soudage les plus prisées dans l'industrie, alliant performance, précision et fiabilité.[5]

8. Paramètres de processus de GTAW

La maîtrise des paramètres de fonctionnement dans le soudage TIG est indispensable pour garantir une production optimale et des soudures de haute qualité. Parmi les variables essentielles à contrôler, on retrouve le courant de soudage, la tension de soudage, la vitesse de soudage, la taille de l'électrode ainsi que les gaz de protection. Chacun de ces paramètres joue un rôle clé dans le processus et leur influence est détaillée ci-dessous

8.1. Courant de soudage

Le courant de soudage est le facteur le plus influent dans le processus de soudage à l'arc, car il joue un rôle clé dans la fusion des matériaux et la formation du joint soudé. Il contrôle le taux de fusion des électrodes, influençant ainsi la quantité de métal déposé. Un courant trop faible peut entraîner une fusion insuffisante et un manque de pénétration, tandis qu'un courant trop élevé risque de provoquer une surchauffe, des projections excessives et une détérioration de la soudure. De plus, le courant agit directement sur la forme du cordon de soudure : un courant faible produit un cordon étroit avec une pénétration limitée, tandis qu'un courant plus élevé génère un cordon plus large avec une fusion plus profonde. Il influence également la vitesse de soudage, car une intensité adaptée permet un déplacement fluide et constant de l'électrode, garantissant ainsi une soudure homogène et de haute qualité.

8.1.1. Courant DC normal

Le soudage TIG à courant continu CC se caractérise par un flux de courant circulant dans une seule direction tout au long du processus, contrairement au soudage TIG en courant alternatif CA, où le courant change de direction périodiquement. Une fois établi, le courant continu ne s'interrompt pas avant la fin de la soudure, assurant ainsi une stabilité accrue de l'arc.

Les générateurs TIG modernes permettent généralement de souder en courant continu ou en mode mixte (courant alternatif/continu), tandis que les équipements exclusivement en courant

alternatif sont rares. Le courant continu DC offre une plus grande flexibilité et convient à une large gamme d'applications. Il est particulièrement adapté au soudage des matériaux d'alliage minces, car il génère une chaleur plus modérée que le courant alternatif.

Le soudage TIG en courant continu est également privilégié pour l'acier et l'acier inoxydable, garantissant une fusion de qualité et un contrôle précis du bain de fusion. Ce procédé propose deux types de polarités en fonction de la connexion utilisée, chacune ayant ses avantages et ses limites selon l'application spécifique.

8.1.1.1. Courant continu avec polarité directe

Avec la polarité directe en soudage TIG, la torche et son câble sont reliés à la borne négative de la source d'alimentation, tandis que la pièce à souder est connectée à la borne positive. Dans cette configuration, les électrons circulent de l'électrode vers le matériau à souder, générant ainsi une concentration de chaleur plus importante sur la pièce plutôt que sur l'électrode. Ce transfert d'énergie favorise une fusion efficace du métal de base et assure une soudure de qualité.

Cette méthode est la plus couramment utilisée en soudage TIG, car elle garantit une bonne stabilité de l'arc, un excellent contrôle du bain de fusion et une pénétration optimale. Elle est adaptée à la majorité des métaux et alliages courants, à l'exception de l'aluminium, qui nécessite un nettoyage de surface plus efficace, généralement obtenu avec le courant alternatif. Le soudage en courant continu à polarité directe permet d'obtenir un bain de fusion relativement étroit mais profond, ce qui est idéal pour assurer des soudures solides et précises, notamment sur l'acier et l'acier inoxydable.

8.1.1.2. Courant continu avec polarité indirect

Avec la polarité inverse en soudage TIG, la torche et son câble sont connectés à la borne positive de la source d'alimentation, tandis que la pièce à souder est reliée à la borne négative. Dans cette configuration, les électrons circulent du matériau vers l'électrode, ce qui entraîne un transfert de chaleur plus important vers cette dernière plutôt que vers la pièce à souder.

Cette méthode est peu utilisée en soudage TIG, car elle génère un bain de fusion plus large et moins profond, ce qui limite la pénétration de la soudure. De plus, la polarité inverse provoque une élévation excessive de la température de l'électrode, ce qui peut rapidement la détériorer. Pour éviter sa dégradation prématurée, il est nécessaire de réduire l'intensité du courant, ce qui diminue l'efficacité du soudage. En raison de ces contraintes, cette configuration est rarement employée, sauf pour des applications spécifiques nécessitant un effet de nettoyage de surface, comme le soudage de certains métaux légers.

La figure2 illustre les Polarités en courant directe

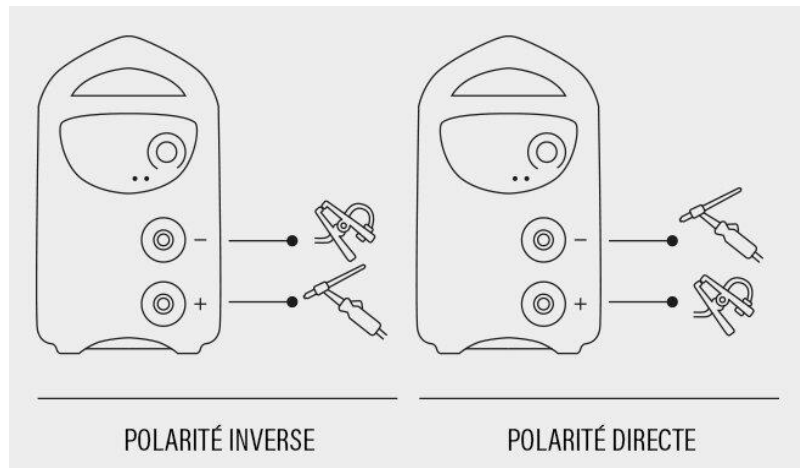


Fig1. Polarités en courant directe [6].

8.1.2. Courant pulse

Le courant pulsé est comparable au courant continu, mais il se compose de deux phases distinctes avec des niveaux d'intensité différents : l'une est qualifiée de froid et l'autre de chaud. Cette configuration spécifique du courant permet de contrôler l'apport d'énergie dans le métal de base, facilitant ainsi un transfert de métal sans provoquer de court-circuit ni d'extinction de l'arc. C'est le principe fondamental du courant pulsé utilisé dans le soudage TIG.

La figure 3 illustre la forme de courant pulsé

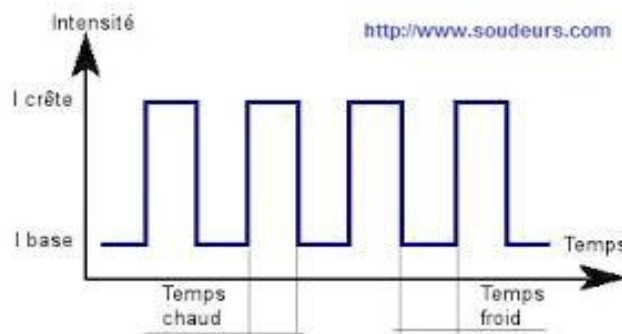


Fig 2. Forme de courant pulsé [7].

8.1.3. Courant AC

Le courant alternatif permet de souder à des températures relativement plus élevées que le courant continu, ce qui en fait un choix idéal pour le soudage TIG de l'aluminium, l'une de ses applications les plus courantes. De plus, en raison de la présence d'un film d'oxyde à la surface de l'aluminium, une polarité positive spécifique du courant alternatif facilite l'élimination de ce revêtement et le nettoyage de la surface[8]. En plus d'offrir des températures de soudage élevées, il assure une meilleure pénétration du cordon de soudure, ce qui le rend particulièrement adapté au soudage des alliages de plaques dans la construction navale. Contrairement au courant continu, il se révèle également très efficace pour le soudage des

métaux magnétisés, notamment dans la réparation de machines et d'autres applications industrielles et de construction.

La figure 4 illustre la forme de courant AC

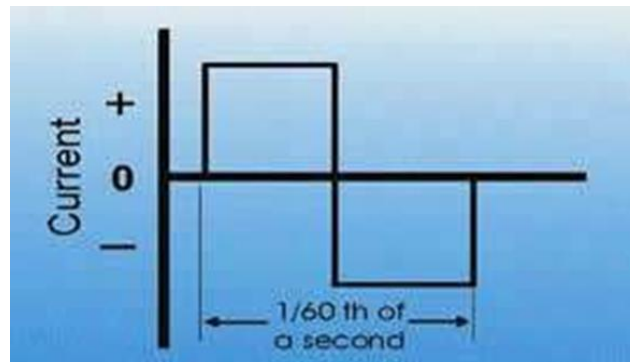


Fig 3. Forme de courant AC [8]

8.2. Tension de soudage

La tension de soudage correspond à la différence de potentiel entre la pointe du fil de soudure et la surface du bain de fusion. Elle peut être fixe ou réglable selon l'équipement de soudage GTAW et influence la forme de la zone de fusion ainsi que le renforcement du cordon de soudure. Une tension initiale élevée facilite l'amorçage de l'arc et permet une plus grande flexibilité dans la distance de la pointe de travail. Toutefois, elle entraîne des soudures plus larges et moins profondes. La pénétration est optimale à une tension d'arc adaptée, tandis qu'une tension trop élevée peut altérer la qualité du soudage.[9]

8.3. Vitesse de soudage

La vitesse de soudage désigne la vitesse linéaire de déplacement de l'arc le long du joint de soudure. Quelle que soit la combinaison de la tension et du courant, l'effet de la variation de la vitesse suit une tendance générale : une augmentation de la vitesse réduit la chaleur absorbée et la quantité de métal d'apport déposée, ce qui diminue le renforcement du cordon. Une vitesse excessive entraîne un apport de chaleur insuffisant, réduisant la quantité de métal déposée et l'épaisseur du renfort. À l'inverse, une vitesse trop faible augmente la chaleur transférée, élargissant la soudure et augmentant la convexité du cordon.[10]

8.4. Gaz de protection

Les gaz de protection empêchent la contamination atmosphérique du métal en fusion, évitant ainsi les défauts tels que porosités, fissures et altérations chimiques. Ils influencent également la stabilité de l'arc électrique. L'argon, le plus utilisé en GTAW, présente un faible potentiel d'ionisation et offre une excellente protection du bain de fusion tout en étant plus économique que l'hélium. Ce dernier est préféré pour le soudage des matériaux très conducteurs comme les alliages de cuivre. Les mélanges d'argon et d'hélium permettent d'augmenter la vitesse de soudage et d'améliorer la tolérance du procédé, tandis que l'ajout d'hydrogène accroît la pénétration et la vitesse de déplacement, notamment pour les aciers inoxydables austénitiques et les alliages cuivre-nickel. L'argon est également utilisé en gaz de protection dorsal pour les

aciers inoxydables, les alliages d'aluminium et les métaux réactifs. Le choix du gaz influe sur la profondeur de pénétration, l'apparence de la soudure et la résistance à la corrosion.[11]

8.5. Taille de l'électrode

La taille de l'électrode influence la forme du cordon et la profondeur de pénétration à courant constant. Une électrode de petit diamètre entraîne une densité de courant et une vitesse de dépôt plus élevées, tandis qu'une électrode plus large permet de transporter un courant plus important et d'augmenter le taux de dépôt. Les électrodes de grand diamètre ont une durée de vie plus longue, mais peuvent rendre l'amorçage de l'arc plus difficile à faible ampérage.[12]

8.6. Métal d'apport

Le métal d'apport est généralement utilisé pour les tôles de plus de 2 mm d'épaisseur et doit avoir une composition chimique similaire à celle du matériau de base. Son diamètre varie entre 1,6 et 3,2 mm et, dans les systèmes automatiques, il est ajouté sous forme de bobine. Certains aciers inoxydables austénitiques peuvent être soudés sans métal d'apport ni traitement thermique supplémentaire, tandis que les alliages super austénitiques nécessitent un métal d'apport spécifique pour assurer une bonne résistance à la corrosion. Le choix du métal d'apport influe sur la résistance mécanique, la ductilité et la résistance à la fissuration de la soudure. Les alliages à faible teneur en ferrite sont préférés pour certaines applications spécifiques nécessitant des soudures non magnétiques.[13]

8.7. Systèmes d'amorçage e de l'arc

L'amorçage de l'arc électrique est une étape essentielle dans le soudage TIG. Il garantit une soudure de qualité en minimisant la contamination de l'électrode et du bain de fusion.

8.7.1. Principes généraux de l'amorçage de l'arc

L'arc électrique peut être amorcé de deux manières :

- **Par contact rapide** : L'électrode en tungstène touche brièvement la pièce avant d'être retirée;

La figure 5 illustre l'amorçage Par contact rapide

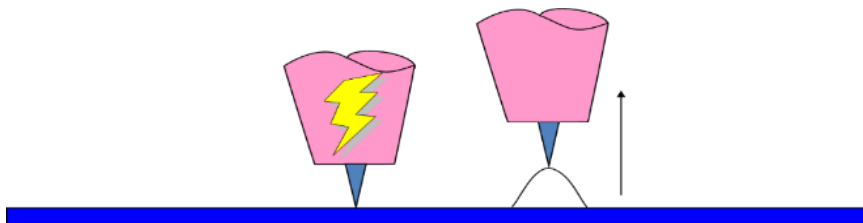


Fig 4. Amorçage Par contact rapide[15]

- **Sans contact** : Un dispositif spécial génère une impulsion électrique pour déclencher l'arc à distance ;

La figure 6 illustre l'amorçage sans contact

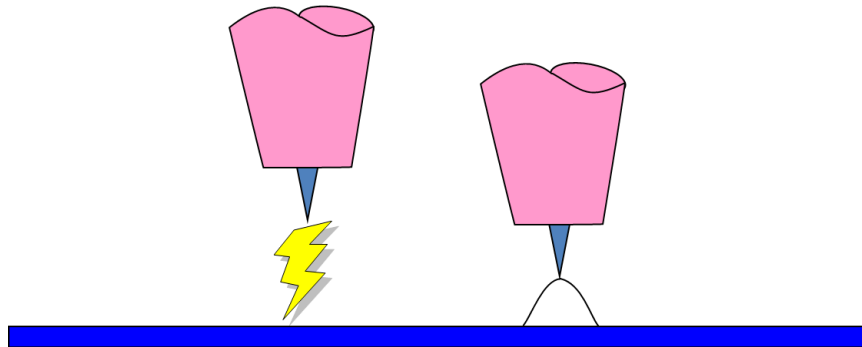


Fig 5. Amorçage Sans contact[15]

Pour éviter les risques de contamination, on amorce souvent l'arc sur une plaque auxiliaire propre, généralement en cuivre ou d'un matériau identique à la pièce à souder.

8.7.2. Différents types d'amorçage

8.7.2.1. Amorçage Haute Fréquence HF

Ce procédé utilise un générateur haute fréquence qui superpose une impulsion haute tension au courant de soudage. Cela ionise le gaz environnant et permet d'amorcer l'arc sans contact entre l'électrode et la pièce.[15]

Les avantages sont :

- Pas de contact, donc pas de contamination;
- Préserve la pointe de l'électrode;
- Amorçage fiable et propre;

Les inconvénients sont :

- Nécessite une torche spéciale avec un générateur HF;
- Peut générer des interférences électromagnétiques;
- Moins adapté aux environnements sensibles aux ondes;

8.7.2.2. Amorçage LIFT

L'électrode entre en contact avec la pièce avec un courant réduit, puis en s'éloignant, une étincelle déclenche l'arc. Le générateur ajuste ensuite automatiquement le courant de soudage.[16]

Les avantages sont :

- Ne crée pas d'interférences électromagnétiques;
- Moins agressif pour l'électrode;

Les inconvénients sont :

- Un léger contact entraîne une contamination du bain;
- Risque de formation de cratères au début du cordon;

8.7.2.3. Amorçage par Frottement (*Scratch Start*)

L'arc est amorcé en frottant l'électrode sur la pièce, comme une allumette. Une fois l'arc déclenché, l'électrode est levée pour éviter qu'elle ne colle.[17]

Les avantages sont :

- Méthode simple sans dispositif électronique supplémentaire;
- Utilisable avec du matériel basique;

Les inconvénients sont :

- Forte contamination du bain de fusion;
- Moins adapté aux soudures précises;
- Risque d'endommagement de l'électrode;

8.7.3. Choix du type d'amorçage selon l'application

Tableau 1: Choix du type d'amorçage selon l'application

Type d'amorçage	Qualité du soudage	Contamination	Interférences électromagnétiques	Utilisation principale
Haute fréquence (HF)	Très haute	Aucune	Oui	Soudures de haute précision
Arc pilote	Très haute	Aucune	Oui	Installations automatisées
LIFT	Élevée	Faible	Non	Environnements sensibles aux ondes
Frottement (Scratch)	Moyenne	Élevée	Non	Travaux généraux et amateurs

9. Modes 2T et 4T en soudage TIG

En soudage TIG, les modes 2T et 4T déterminent la manière dont l'opérateur contrôle l'arc à l'aide de la gâchette de la torche. Le "T" signifie "toucher" et représente le nombre de fois que la gâchette doit être actionnée pour démarrer et arrêter le soudage. Ces modes sont particulièrement utiles lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser une pédale de commande.

9.1. Mode 2T (2 touches)

Le mode 2T fonctionne comme un simple interrupteur marche/arrêt :

- **Appui sur la gâchette** → Activation de l'arc et montée progressive de l'ampérage jusqu'à la valeur pré-réglée;
- **Maintien de la gâchette enfoncée** → Le soudage se poursuit avec l'ampérage défini;
- **Relâchement de la gâchette** → Extinction de l'arc avec une descente progressive de l'ampérage si un temps de descente a été programmé ;

Idéal pour les soudures courtes, les points de soudure ou les petits assemblages où il est nécessaire de démarrer et d'arrêter fréquemment.

9.2. Mode 4T (4 touches)

Le mode 4T est conçu pour les soudures longues et offre un meilleur contrôle du cycle de soudage. Contrairement au mode 2T, il ne nécessite pas de maintenir la gâchette enfoncée pendant toute la durée du soudage. Son fonctionnement se déroule en quatre étapes :

- **Première pression sur la gâchette et maintien** → Activation de l'arc avec l'ampérage de démarrage;
- **Relâchement de la gâchette** → L'ampérage augmente progressivement jusqu'à l'ampérage de travail;
- **Soudage en cours** → L'opérateur peut souder sans tenir la gâchette, ce qui réduit la fatigue sur de longues distances;
- **Deuxième pression sur la gâchette et maintien** → Début de la descente d'ampérage jusqu'à l'ampérage final;
- **Relâchement de la gâchette** → L'arc s'éteint complètement

Recommandé pour les soudures longues, les grandes pièces ou les zones difficiles d'accès où l'opérateur ne peut pas maintenir la gâchette enfoncée en permanence.

9.3. Utilisation les modes 2T et 4T

Tableau 2: Comparaison entre les modes 2T et 4T en soudage TIG

Critère	Mode 2T	Mode 4T
Type de soudure	Courte et rapide	Longue et continue
Confort de l'opérateur	Exige de maintenir la gâchette	Permet de souder sans maintenir la gâchette
Précision	Adapté aux petites soudures	Plus stable pour des passes longues
Accessibilité	Facile d'utilisation	Requiert plus de contrôle
Fatigue	Peut être contraignant sur de longues soudures	Réduit la fatigue sur de longues distances

9.4. Fonctionnement les modes 2T et 4T en soudage TIG

Les modes 2T et 4T agissent comme une alternative à la pédale de commande. Alors que la pédale permet de moduler l'ampérage en temps réel, les modes 2T et 4T utilisent un ampérage pré-réglé, contrôlé directement via la gâchette de la torche.

9.5. Détails du mode 2T en soudage TIG

- **Réglage de l'ampérage** : L'opérateur définit à l'avance l'intensité de soudage et les temps de montée et de descente de l'arc ;
- **Démarrage du soudage** : En appuyant sur la gâchette, l'ampérage augmente progressivement (si une montée progressive a été programmée) ;
- **Maintien de la gâchette** : Tant que la gâchette est enfoncée, le soudage continue ;
- **Arrêt du soudage** : En relâchant la gâchette, l'ampérage diminue progressivement avant l'extinction de l'arc (si un temps de descente est programmé) ;

9.6. Détails du mode 4T en soudage TIG

- **Réglage préalable** :
 - Définition de l'ampérage de démarrage (faible intensité pour préchauffer le métal);
 - Réglage de l'ampérage de travail (intensité de soudage principale);
 - Définition de l'ampérage final (réduction progressive de l'intensité pour éviter les cratères).

- Démarrage du soudage :

- Première pression et maintien → Activation de l'ampérage de démarrage;
- Relâchement → Montée progressive vers l'ampérage de travail;

- Soudage en cours :

- L'opérateur peut souder sans tenir la gâchette, ce qui réduit la fatigue ;

- Arrêt du soudage :

- Deuxième pression et maintien → L'ampérage diminue progressivement.
- Relâchement → Extinction de l'arc. [18] ;

10. Cycle de Soudage sur un Générateur TIG

Le cycle de soudage sur un générateur TIG est un enchaînement de phases permettant d'assurer un soudage propre et de haute qualité. Chaque étape joue un rôle clé dans la protection du bain de fusion, la régularité du cordon et la durabilité de l'électrode. [19].

10.1. Le pré-gaz : protection avant amorçage

Lorsque le soudeur appuie sur la gâchette de la torche TIG, un flux de gaz inerte (généralement de l'argon ou un mélange argon-hélium) est libéré avant même l'amorçage de l'arc.

10.1.1. Importance de pré-gaz

- Il chasse l'air ambiant présent dans la buse de la torche et autour de la zone de soudage;
- Il évite l'oxydation prématurée de l'électrode de tungstène et de la pièce avant que l'arc ne démarre;
- Il garantit une protection optimale contre la contamination du bain de fusion dès l'amorçage;

10.1.2. Durée du pré-gaz

- En atelier : environ 2 secondes, car l'environnement est contrôlé;
- Sur chantier : jusqu'à 5 secondes selon la longueur des raccords de gaz et les conditions extérieures (vent, courants d'air);

10.2. L'Amorçage et la Montée en Intensité de l'Arc

Une fois le pré-gaz terminé, l'arc est amorcé sur la pièce à souder. Il existe deux méthodes principales :

- L'amorçage haute fréquence (HF) : l'arc se crée sans contact entre l'électrode et la pièce grâce à une impulsion électrique haute fréquence. C'est la méthode la plus propre car elle évite la contamination de l'électrode ;
- L'amorçage par contact (Lift Arc) : l'électrode touche brièvement la pièce, puis le poste détecte le contact et génère l'arc. Cette méthode est utilisée quand la haute fréquence est interdite (exemple : environnements électroniques sensibles) ;

10.2.1. Montée en Intensité (Ramp-Up)

Plutôt que d'atteindre immédiatement l'intensité maximale, le poste permet une montée progressive du courant.

10.2.2. Pourquoi cette montée progressive est importante ?

- Elle évite un choc thermique qui pourrait causer des fissures ou des soufflures dans le métal;
- Elle permet un préchauffage doux du matériau, assurant un bain de fusion stable dès le début de la soudure;
- Elle réduit l'usure prématurée de l'électrode;

10.2.3. Temps de montée en intensité

Ce paramètre est réglable sur la machine et dépend du matériau et de l'épaisseur de la pièce. En général, il varie entre 0,5 et 3 secondes.

10.3. L'Intensité de Soudage et le Maintien de l'Arc

Une fois la montée en intensité terminée, le courant atteint la valeur programmée par l'opérateur. Cette valeur est cruciale car elle influence la pénétration et la qualité du cordon.

10.3.1. Facteurs influençant le réglage de l'intensité

- Type de matériau : acier, inox, aluminium, etc;
- Épaisseur de la pièce : plus elle est épaisse, plus l'intensité doit être élevée;
- Position de soudage : à plat, en angle, en montante, en plafond;

Pendant cette phase, le soudeur réalise le mouvement de soudage, en avançant à vitesse constante tout en contrôlant l'apport de métal d'apport avec la main opposée (si soudage avec métal d'apport).

10.4. Extinction Progressive de l'Arc (Ramp-Down)

Lorsque le soudeur relâche la gâchette (en mode 2T) ou appuie une seconde fois (en mode 4T), le cycle d'extinction de l'arc commence.

10.4.1. L'importance de la descente progressive de l'intensité en fin de soudage.

- Elle évite la formation d'un cratère en fin de soudure, qui peut fragiliser le cordon;
- Elle réduit les risques de fissures dues à une solidification trop rapide du métal;
- Elle permet un refroidissement plus contrôlé, limitant les tensions internes dans la soudure;

10.4.2. Temps de descente en intensité

En général 5 secondes, mais ce temps peut être ajusté selon l'épaisseur et le type de métal.

10.5. Post-Gaz : Protection Après l'Extinction de l'Arc

Après l'extinction de l'arc, la torche continue de libérer un flux de gaz inerte pendant plusieurs secondes.

10.5.1. Importance du post-gaz dans le procédé de soudage.

- Il protège la soudure chaude de l'oxydation avant qu'elle ne refroidisse complètement;
- Il prévient la contamination de l'électrode de tungstène;

10.5.2. Temps de post-gaz recommandé

- Acier inoxydable : 8 à 12 secondes pour éviter l'oxydation et assurer un cordon propre;
- Aluminium : 3 à 5 secondes car ce matériau s'oxyde moins rapidement;
- Acier carbone : 5 à 10 secondes selon l'épaisseur et l'environnement;

ON constatez un noircissement du cordon après soudage, c'est souvent un signe que le post-gaz est trop court ou que le flux est insuffisant.

10.6. Résumé du Cycle de Soudage en TIG

1. **Pré-Gaz** → Élimine l'air avant l'amorçage (2 à 5 sec);
2. **Amorçage et Montée en Intensité** → Allumage de l'arc et montée progressive du courant (0,5 à 3 sec);
3. **Phase de Soudage** → Intensité constante, selon matériau et épaisseur;
4. **Extinction Progressive de l'Arc** → Descente contrôlée pour éviter cratères et fissures (3 à 8 sec);
5. **Post-Gaz** → Protection finale de la soudure et de l'électrode (3 à 12 sec);

Ce cycle permet d'assurer une soudure propre, résistante et sans défauts en TIG. Un bon réglage et une bonne maîtrise de chaque étape sont essentiels pour obtenir un résultat de qualité professionnelle.

La figure 7 le cycle de soudage TIG

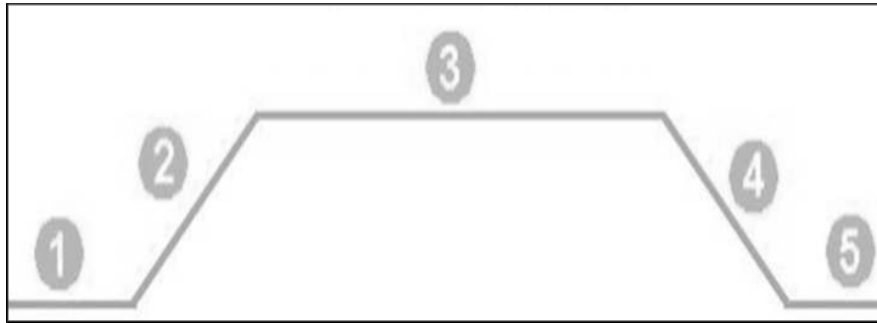


Fig 6. Cycle de soudage TIG [19].

Chapitre II
Equipement de soudage TIG

1. Introduction

Le soudage TIG est une technique largement utilisée dans l'industrie pour sa précision et la qualité des soudures obtenues. Que ce soit pour l'aéronautique, l'automobile ou encore l'industrie pétrochimique, cette méthode offre un contrôle optimal sur le bain de fusion, ce qui permet d'obtenir des assemblages solides et esthétiques.

Cependant, pour tirer le meilleur parti du soudage TIG, il est essentiel de bien comprendre les équipements qui le composent. Du générateur de courant aux électrodes en tungstène, en passant par les gaz de protection et les accessoires indispensables, chaque élément joue un rôle crucial dans la réussite du soudage.

Dans ce chapitre, nous allons explorer en détail les équipements utilisés en soudage TIG, leur fonctionnement et leur importance dans le processus. Cette connaissance est essentielle pour choisir le bon matériel, optimiser les réglages et garantir des soudures de qualité, adaptées aux exigences de chaque projet.

La figure 8 illustre le schéma explicatif du procédé TIG

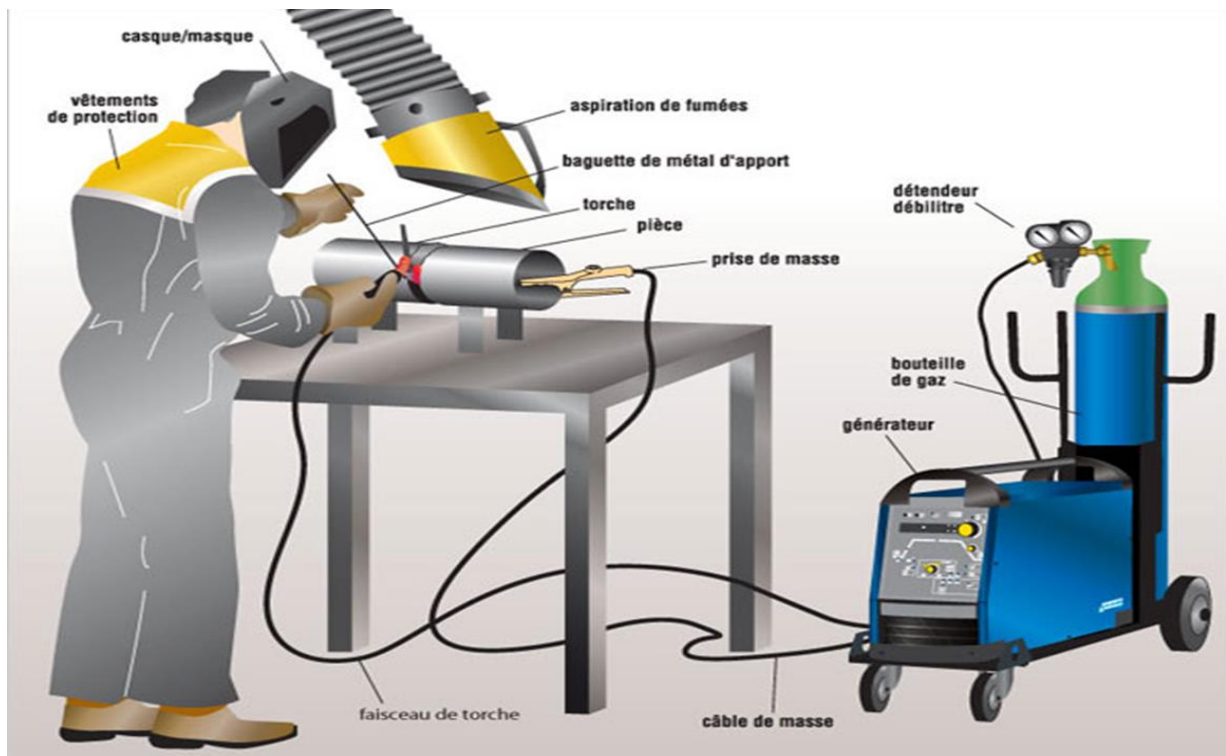


Fig 7. Schéma explicatif du procédé TIG [20].

2. Générateurs TIG

Les sources de courant modernes utilisées pour le soudage à l'arc reposent sur la technologie onduleur. Cette avancée technologique présente plusieurs avantages : les générateurs sont plus compacts, plus légers et surtout capables de s'adapter à plusieurs procédés de soudage.

Pour répondre aux besoins croissants de l'industrie, qui exige la soudabilité de matériaux de plus en plus complexes sur le plan métallurgique, les fabricants de postes à souder ont développé divers types de sources de courant. La recherche et le développement dans ce domaine restent un enjeu majeur, avec pour objectif d'améliorer continuellement les performances et la polyvalence des équipements.

Les sources d'alimentation pour le soudage TIG existent en plusieurs capacités et niveaux de sophistication. On trouve ainsi des générateurs simples fournissant uniquement du courant continu DC ainsi que des équipements multifonctions très avancés, intégrant diverses options et réglages, mais dont le coût est proportionnel aux performances.

Le choix d'une source d'alimentation adaptée repose sur plusieurs critères, notamment le type de courant nécessaire pour le soudage. En effet, le soudage TIG peut s'effectuer avec une alimentation en courant continu DC ou en courant alternatif AC, selon les matériaux à souder et les exigences du procédé. [21]

La figure 9 illustre le poste de soudage TIG.

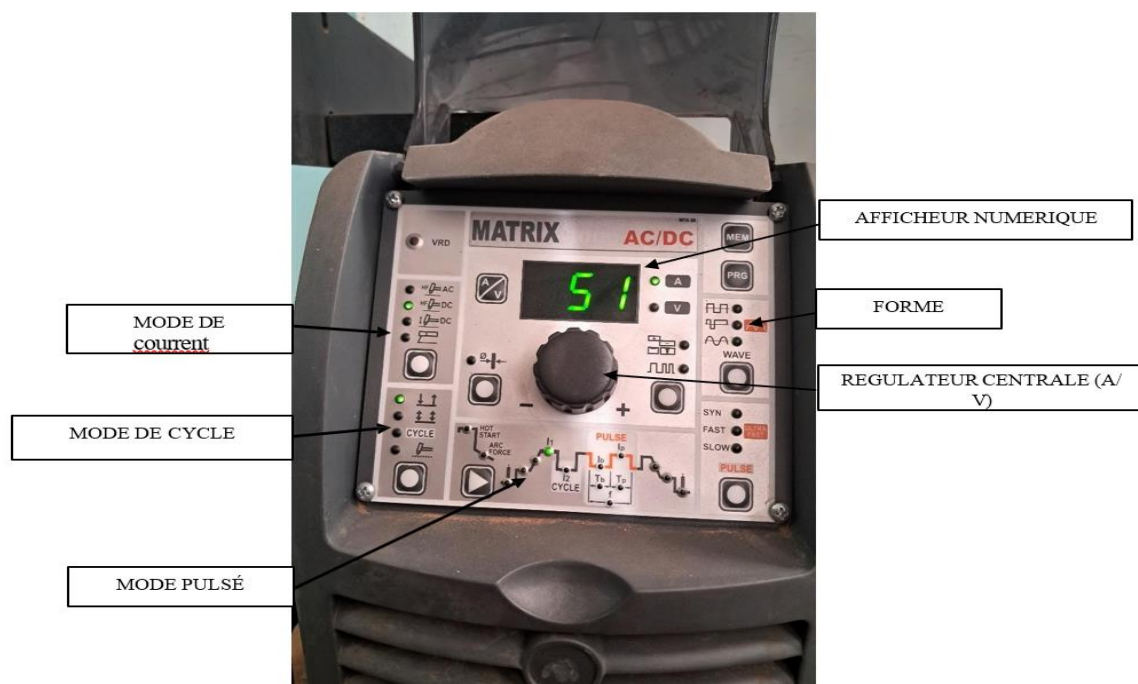


Fig 8. Poste de soudage TIG.

3. Torches de soudage TIG

La torche de soudage joue un rôle essentiel dans le procédé TIG. Elle assure le maintien de l'électrode en tungstène, dirige le flux de gaz de protection autour de la zone de soudure et permet la transmission du courant électrique nécessaire à l'arc de soudage.

Le choix du système de refroidissement de la torche dépend de l'intensité du courant utilisé. Pour des courants allant jusqu'à 150 A, une torche refroidie par gaz est généralement suffisante, car la chaleur générée reste modérée. En revanche, lorsque l'intensité dépasse 150 A, l'échauffement devient plus important. Dans ce cas, on utilise une torche refroidie par un liquide circulant dans un circuit dédié, ce qui permet de dissiper efficacement la chaleur et d'améliorer la durabilité de l'équipement

La figure 10 illustre les torches de soudage TIG



Fig 9. Torches de soudage TIG [22].

Elle maintient l'électrode de tungstène en place et est reliée au générateur par des câbles qui assurent à la fois l'alimentation électrique et l'acheminement du gaz de protection vers la zone de soudage.

Le choix du type de torche dépend de l'intensité du courant et de la fréquence d'utilisation. Pour des courants de faible intensité, une torche à refroidissement naturel, utilisant simplement le gaz de protection pour dissiper la chaleur, est suffisante. En revanche, pour des intensités plus élevées, généralement comprises entre 200 et 500 A, et dans le cas de soudages fréquents, il est nécessaire d'opter pour une torche à refroidissement par eau. Ce système plus performant permet une meilleure dissipation thermique et prolonge la durée de vie de l'équipement.[22]

La figure 11 illustre les composants du torche

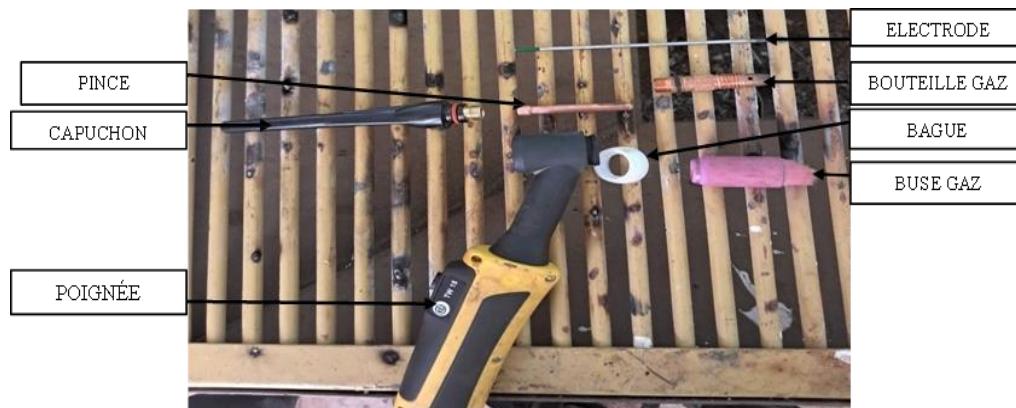


Fig 10. Composants d'une torche.

4. Différents types de buses pour torche TIG

En soudage TIG la buse joue un rôle essentiel en guidant le gaz de protection autour de l'électrode de tungstène et du bain de fusion, assurant ainsi une protection optimale contre l'oxydation et les contaminations extérieures.

Le soudeur ne change pas systématiquement la buse ni l'électrode de tungstène à chaque nouvelle configuration de soudage. Il équipe généralement sa torche TIG de manière standard et n'effectue des adaptations spécifiques que lorsque la situation l'exige (soudage dans des espaces restreints, matériaux sensibles à l'oxydation, besoins particuliers en pénétration du joint, etc.).

4.1. Matériaux des buses TIG

Les buses de torche TIG peuvent être fabriquées à partir de plusieurs matériaux, chacun ayant des caractéristiques spécifiques adaptées à des besoins particuliers :

- **Céramique (beige)** : matériau couramment utilisé pour les buses standard. Il offre une bonne résistance à la chaleur et aux projections de métal en fusion et convient à la majorité des applications de soudage TIG.
- **Oxydes d'aluminium (rose clair)** : plus résistantes aux hautes températures et aux chocs thermiques que les buses en céramique classique. Elles offrent une meilleure durabilité en utilisation prolongée et sont très utilisées pour le soudage à intensité élevée.
- **Nitride de silicium (gris)** : excellente résistance mécanique et thermique. Ce type de buse réduit l'accumulation de projections et est idéal pour les applications industrielles exigeantes, notamment en haute intensité.
- **Pyrex (transparent)** : permet une visibilité optimale du bain de fusion et de l'arc électrique. Il est utile pour les soudures de précision et les endroits difficiles d'accès, mais il est moins résistant aux chocs thermiques et mécaniques que les autres types de buses. [23]

La figure 12 illustre les différents types de buse



Fig 11. Différents types de buses [23]

4.2. Diamètre des buses et influence sur le soudage

Le choix du diamètre de la buse dépend principalement de deux paramètres :

- **L'intensité de soudage (A)** : plus l'intensité est élevée, plus la buse doit être large pour assurer un bon écoulement du gaz protecteur;
- **Le débit de gaz (L/min)** : il doit être ajusté en fonction du diamètre de la buse pour garantir une couverture homogène du bain de fusion;

Tableau 1 :

Tableau 3: Choix du débit de gaz en fonction du diamètre de buse et de l'intensité [24]

Diamètre de la buse (mm)	Intensité de soudage (A)	Débit de gaz (L/min)
6 mm	15 - 80	4 - 7
8 mm	50 - 150	7 - 10
10 mm	100 - 250	10 - 12
12 mm	200 - 350	12 - 15
16 mm	300 - 500	15 - 20
20 mm	> 500	18 - 25

4.3. Adaptation des buses aux conditions de soudage

Dans des configurations de soudage particulières, le soudeur peut adapter sa torche en fonction des contraintes rencontrées :

- **Soudage en espace confiné** : utilisation de buses de petit diamètre ou de type Pyrex pour une meilleure visibilité;

- **Soudage de matériaux sensibles (titane, inox, aluminium...)** : utilisation de grandes buses avec un débit de gaz plus élevé pour éviter l'oxydation;
- **Soudage à haute intensité** : emploi de buses en nitrure de silicium ou en oxyde d'aluminium pour une meilleure résistance à la chaleur; [23]

5. Les électrodes

Les électrodes utilisées en soudage TIG sont principalement composées de tungstène à plus de 99 %. Pour améliorer leurs performances, on y ajoute de petites quantités d'oxydes métalliques. Ces ajouts augmentent l'émissivité électronique de l'électrode, ce qui facilite l'amorçage de l'arc, améliore sa stabilité et prolonge la durée de vie de l'électrode tout en optimisant le rendement du procédé.

Parmi les principaux oxydes utilisés, on retrouve :

- **Oxyde de thorium (ThO₂);**
- **Oxyde de cérium (CeO₂);**
- **Oxyde de lanthane (La₂O₃);**
- **Oxyde de zirconium (ZrO₂);**

Ces éléments sont finement dispersés dans la structure du tungstène, modifiant ses propriétés électriques et thermiques en fonction du type d'oxyde présent.

5.1. Différents types d'électrodes

Les électrodes TIG se distinguent par leur composition chimique et sont identifiées par un code couleur. Chaque type possède des caractéristiques propres qui les rendent adaptées à des applications spécifiques.[25]

Tableau 4: Classification des électrodes tungstène en soudage TIG [26]

Désignation	Couleur	Type	Courant	Application
WP	Vert	Pure	AC	Arc stable avec courant alternatif, utilisé pour souder les alliages légers. Attention au risque de contamination du bain.
WT	Jaune 1%	Thorium	DC	Amorçage facile, grande capacité de courant et peu de contamination du bain. AC difficile. Risques radioactifs.
	Rouge 2%			
	Violet 3%			
WZ	Blanc de 0,7 à 0,9%	Zirconium	AC	Identique WP, avec une capacité de courant plus élevée et moins de risques de contaminations du bain.
	Marron de 0,15 à 0,50%			
WL	Noire de 0,8% à 1,2%	Lanthanium	AC/DC	Similaire WT, pas de risque radioactif. Mais moins performant.
	Or de 1,3% à 1,7%			
	Bleue de 1,8% à 2,2%			
WC	Grise de 1,8% à 2,2%	Cérium	AC/DC	Similaire WT et WL. Moins de capacité de courant.
WCL 1/1%	Rose	Cérium/Lanthane	DC	Amorçage simplifié, durée de vie importante. Elle offre un excellent compromis !

La figure 13 illustre les types d'électrode

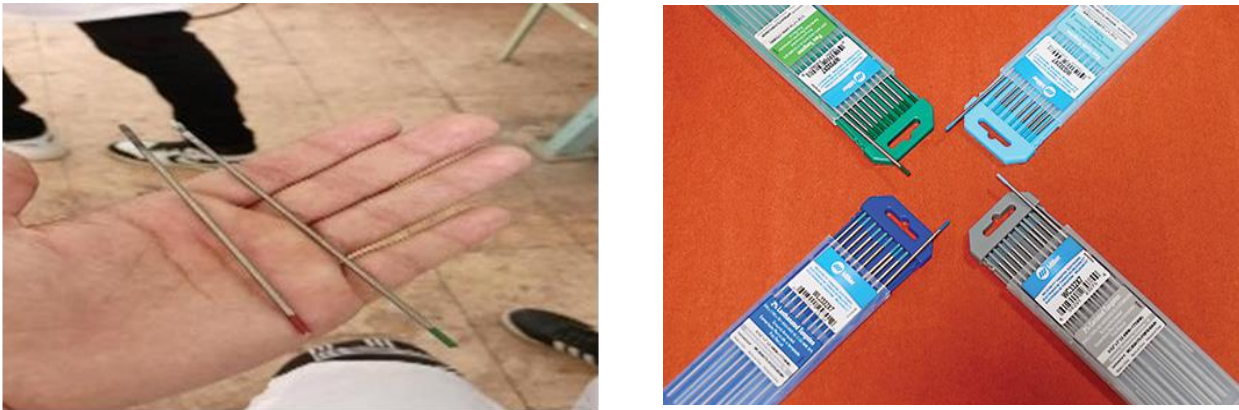


Fig 12. Types d'électrodes [25].

5.2. Précautions d'utilisation

Certaines électrodes, notamment celles contenant du thorium, sont légèrement radioactives. Leur utilisation nécessite donc certaines précautions :

- Éviter d'inhaler les poussières lors de l'affûtage ;
- Utiliser un masque et un système d'aspiration lorsque l'on meule l'électrode ;
- Privilégier des alternatives comme les électrodes lanthaniées ou cériées lorsque c'est possible ;

6. Préparation de la pointe de l'électrode

En soudage TIG, la forme et l'affûtage de l'électrode en tungstène ont un impact direct sur la qualité de l'arc électrique et donc sur le résultat final du soudage. Une électrode bien préparée permet d'obtenir un arc stable, une meilleure pénétration et une usure réduite.

6.1. Affûtage de l'électrode en courant continu DC

- L'électrode doit être taillée en forme de cône, avec un angle compris entre 30° et 60° ;
- Un angle plus aigu (proche de 30°) produit un arc plus concentré, idéal pour les soudures nécessitant une forte pénétration;
- Un angle plus large (vers 60°) donne un arc plus diffus, mieux adapté aux soudures sur des tôles fines;

6.2. Qualité de l'affûtage

- Il est essentiel d'affûter l'électrode dans le sens de la longueur pour guider correctement l'arc;
- Si l'affûtage est transversal, l'arc sera instable et pourrait se disperser, ce qui nuirait à la précision du soudage;

- Une pointe trop fine risque de se détériorer rapidement sous l'effet du courant;
- Il est recommandé de légèrement arrondir l'extrémité du cône pour éviter une usure prématurée et supporter des intensités plus élevées;

6.3. Particularité du soudage en courant alternatif AC

- Contrairement au courant continu, il ne faut pas affûter l'électrode en AC;
- Sous l'effet du courant alternatif, l'extrémité de l'électrode prend naturellement une forme de boule, ce qui favorise une bonne répartition de l'arc et une meilleure stabilité sur les matériaux comme l'aluminium et le magnésium;

Bien préparer son électrode, c'est s'assurer un soudage de qualité, avec un arc stable et un meilleur contrôle du bain de fusion [27]

La figure 14 illustre l'affûtage de l'électrod

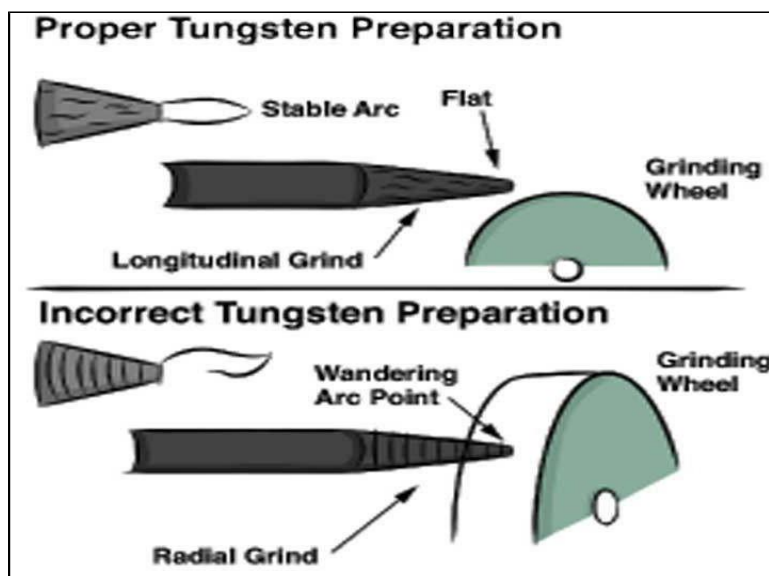


Fig13. Affûtage de l'électrod [27].

7. Rôle des gaz de protection

En soudage TIG, le choix et l'utilisation des gaz de protection sont essentiels pour garantir une soudure de qualité. Ces gaz empêchent l'oxydation du bain de fusion et assurent un arc stable, évitant ainsi les défauts comme la porosité ou la contamination du métal. La protection gazeuse en TIG se divise en trois niveaux, chacun ayant un rôle précis dans le processus de soudage.

La figure 15 illustre le gaz de protection



Fig 14. Gaz de protection

7.1. Protection primaire : protéger le bain de fusion

La protection primaire est assurée par le gaz qui s'échappe de la torche de soudage et entoure l'arc électrique ainsi que le bain de fusion. Son objectif principal est d'empêcher le contact entre le métal en fusion et l'air ambiant, qui contient de l'oxygène, de l'azote et de l'humidité pouvant altérer la soudure.

- **Gaz utilisés** : L'argon (Ar) est le plus courant en TIG car il offre une excellente stabilité de l'arc et une protection efficace. Pour certaines applications, on peut y ajouter de l'hélium (He) afin d'améliorer la pénétration et la fluidité du bain de fusion;

7.2. Protection secondaire : éviter l'oxydation après le soudage

Même après l'extinction de l'arc, le cordon de soudure reste chaud et vulnérable à l'oxydation. C'est pourquoi la torche continue de diffuser du gaz pendant quelques secondes après le soudage, une fonction appelée post-gaz.

Ce flux prolongé de gaz permet d'éviter que la soudure ne se détériore pendant son refroidissement, en particulier sur les matériaux sensibles comme l'acier inoxydable ou le titane;

7.3. Protection envers : protéger la racine de la soudure

Lorsqu'on soude des pièces métalliques, notamment des tubes ou des tôles fines, la face opposée au cordon de soudure est également exposée à l'air et risque de s'oxyder. Pour éviter cela, un dispositif diffuse du gaz protecteur sous la pièce, créant ainsi une protection envers.

- **Gaz utilisés** : De l'argon, parfois mélangé à de l'hydrogène (H_2) ou de l'azote (N_2) pour améliorer certaines propriétés, notamment la résistance à la corrosion pour l'acier inoxydable;

7.4. Choix des gaz selon l'application

Le type de gaz utilisé en TIG dépend du matériau à souder et de l'effet recherché :

- **Argon (Ar)** : Idéal pour la plupart des métaux, il assure une protection fiable et une bonne stabilité de l'arc;
- **Argon + Hélium (Ar-He)** : Augmente la chaleur de l'arc, favorisant une meilleure pénétration et un bain de fusion plus fluide, utile pour les métaux épais ou les alliages d'aluminium;
- **Argon + Hydrogène (Ar- H_2)** : Améliore la fluidité du bain de fusion et réduit l'oxydation, particulièrement adapté à l'inox;
- **Azote (N_2)** : Utilisé pour renforcer la résistance à la corrosion sur les aciers inoxydables et les alliages spécifiques;

Grâce à une bonne gestion des gaz de protection, le soudage TIG permet d'obtenir des soudures précises, solides et durables, tout en minimisant les risques de défauts métallurgiques.[28]

7.5. Alimentation en gaz de protection

Le gaz de protection remplace l'air autour du bain de fusion, de l'électrode et du métal d'apport afin d'éviter toute contamination par des éléments indésirables présents dans l'atmosphère. Il est stocké dans des bouteilles et acheminé vers la torche à travers un système de distribution comprenant :

- **Une bouteille de gaz**, qui alimente la torche en protection gazeuse.
- **Un débitmètre**, qui permet de régler et contrôler le débit du gaz utilisé. [29]

La figure 16 illustre le schéma explicatif d'alimentation du bouteille gaz



Fig 15.schéma explicatif d'alimentation du bouteille gaz [29]

8. Métal d'apport

Le métal d'apport joue un rôle essentiel en soudage TIG, car il permet d'assurer une liaison solide entre les pièces à assembler. Pour être efficace, il doit répondre à plusieurs exigences :

- **Compatibilité avec le métal de base** : Il doit s'allier facilement avec le matériau à souder et bien se diffuser dans la zone de fusion;
- **Absence de réaction indésirable** : Il ne doit pas provoquer de corrosion ou d'altération des propriétés du métal de base;
- **Température de fusion adaptée** : Elle doit être en adéquation avec les caractéristiques du matériau soudé pour garantir une fusion homogène;
- **Propriétés mécaniques et physiques adéquates** : Une fois solidifié, il doit offrir la résistance et la durabilité nécessaires à la pièce soudée;

Le choix du métal d'apport est donc déterminant pour obtenir une soudure fiable et durable.[30]

Chapitre III
Module développé

1. Introduction

Dans ce chapitre, le VB 6.0 est utilisé pour développer un module dans un environnement CAW permettant de déterminer les paramètres optimaux pour le soudage TIG, à partir du choix de deux métaux

2. Présentation de logiciel

Visual Basic 6 est un langage de programmation événementiel ainsi qu'un environnement de développement intégré développé par Microsoft. Lancé en 1998, VB6 permet de concevoir des interfaces graphiques conviviales et de développer rapidement des applications sous Windows. Grâce à sa syntaxe simple et intuitive, VB6 est particulièrement adapté aux projets éducatifs et industriels. Il facilite la création de formulaires interactifs, la gestion des événements (clics, entrées clavier, etc.), l'accès aux bases de données, ainsi que l'automatisation de certaines tâches système

3. Principales fonctions

Les principales fonctions sont :

- Métal d'apport ;
- Gaz de protection ;
- Type de courant ;
- Type de buses ;
- Ampérage ;
- Débits de gaz ;
- Type d'électrodes ;
- Vitesse de soudage ;

4. Présentation du module

L'écran de figure 17 présente l'interface du module développé sous Visual Basic 6.



Fig 16. Interface du module développé.

5. Choix de la fonction

L'écran de figure 18 illustre les différents paramètres

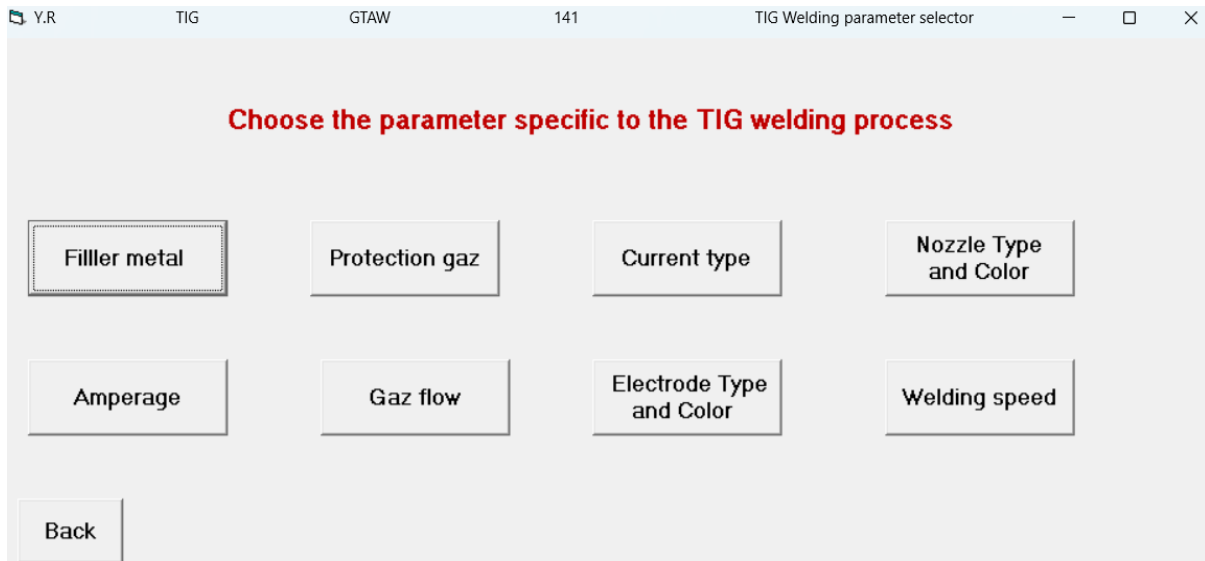
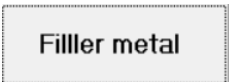


Fig 17. Choix de la fonction.

5.1. Métal d'apport

- Cliquer sur le bouton  pour accéder à l'interface

L'écran de figure 19 illustre le métal d'apport

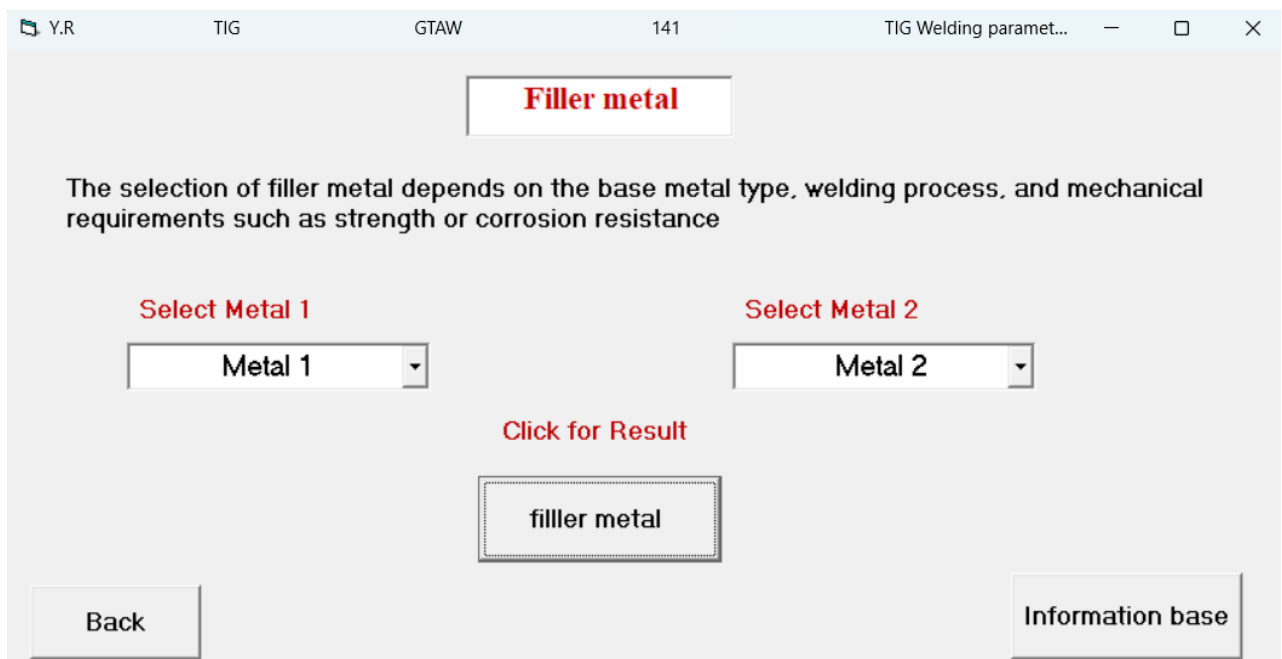


Fig 18. Métal d'apport.

- Pour accéder à cette fonction choisir les deux métaux à souder à partir les deux listes, par exemple acier avec acier inoxydable.

L'écran de figure20 illustre le choix des matériaux

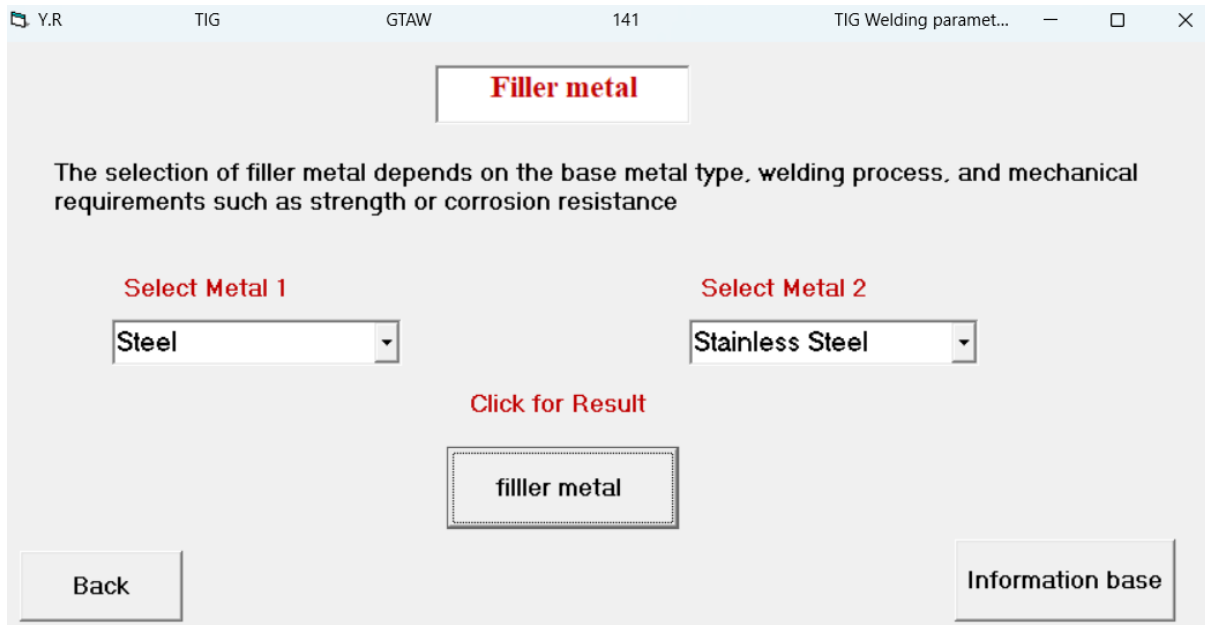


Fig 19. Choix de matériaux.

- Cliquer sur  :

L'écran de figure 21 donne le métal d'apport

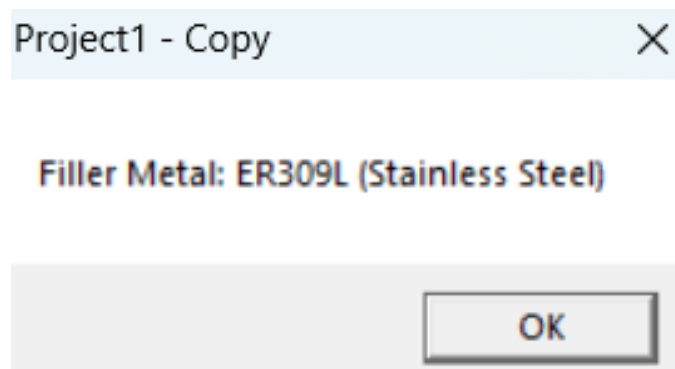


Fig 20. Métal d'apport entre inox et acier.

- Cliquer sur **Information base** pour afficher un tableau récapitulatif du métal d'apport.

L'écran de figure 22 illustre les informations de base du métal d'apport

Metal 1	Metal 2	Filler Metal
Steel	Steel	ER70S-6 (Steel)
Steel	Stainless Steel	ER309L (Stainless Steel)
Stainless Steel	Steel	ER309L (Stainless Steel)
Steel	Copper	CuSi3 (Copper-Silicon Alloy)
Copper	Steel	CuSi3 (Copper-Silicon Alloy)
Stainless Steel	Stainless Steel	ER308L (Stainless Steel)
Stainless Steel	Copper	CuSi3 (Copper-Silicon Alloy)
Copper	Stainless Steel	CuSi3 (Copper-Silicon Alloy)
Stainless Steel	Nickel	ERNiCr-3 (Nickel Alloy)
Nickel	Stainless Steel	ERNiCr-3 (Nickel Alloy)
Aluminum	Aluminum	ER4043 (Aluminum-Silicon)
Aluminum	Copper	Al-Bronze (Aluminum-Bronze)
Copper	Aluminum	Al-Bronze (Aluminum-Bronze)
Aluminum	Bronze	ER4047 (Aluminum-Bronze)
Bronze	Aluminum	ER4047 (Aluminum-Bronze)
Aluminum	Titanium	ER4047 (Aluminum alloy)
Titanium	Aluminum	ER4047 (Aluminum alloy)
Copper	Copper	Cu (Copper Rod)

Fig 21. Informations de base du métal d'apport.

5.2. Gaz de protection

- Cliquer sur le bouton **Protection gaz** pour accéder à l'interface

L'écran de figure 23 illustre le gaz de protection

Protection gaz

There is a direct relation between the type of metal and the shielding gas used in welding, as some metals require specific gases to avoid negative reactions and ensure effective protection of the arc and weld area.

Select Metal 1:

Select Metal 2:

Click for Result

Protection gaz

Back Information base

Fig 22. Gaz de protection.

- Pour accéder à cette fonction choisir les deux métaux à souder à partir les deux listes, par exemple bronze avec cuivre.

L'écran de figure 24 illustre le choix des matériaux

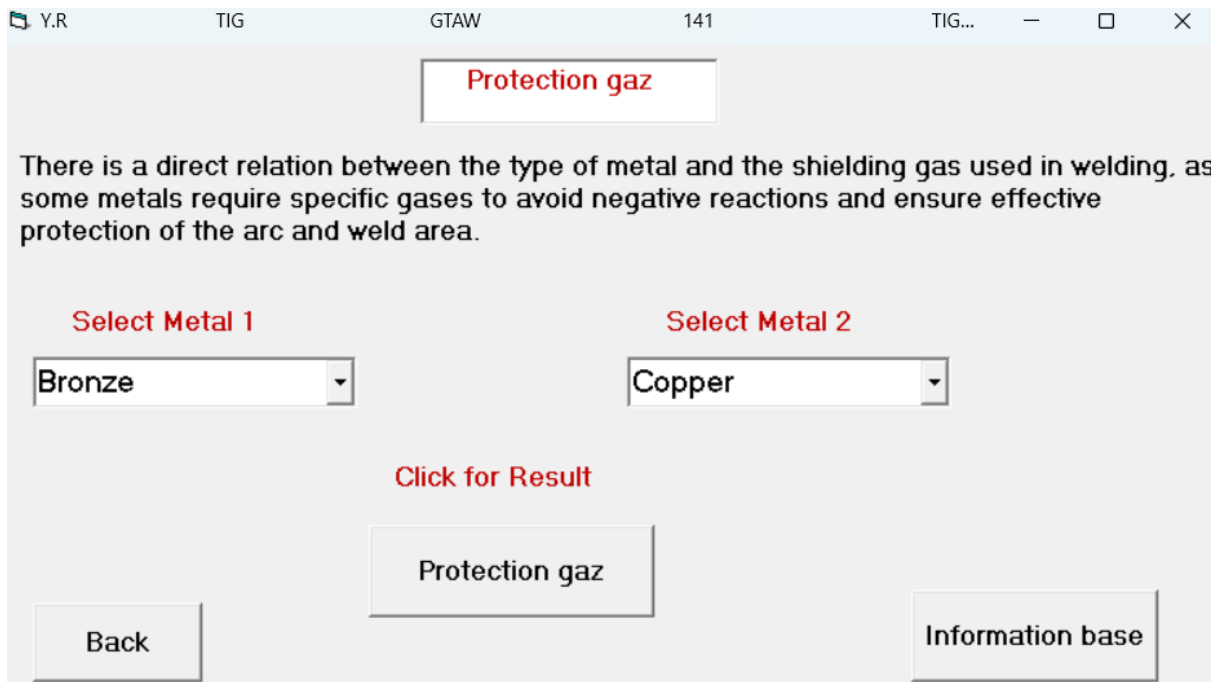



Figure 23. Choix des matériaux

- Cliquer sur  :

L'écran de figure25 donne le gaz de protection

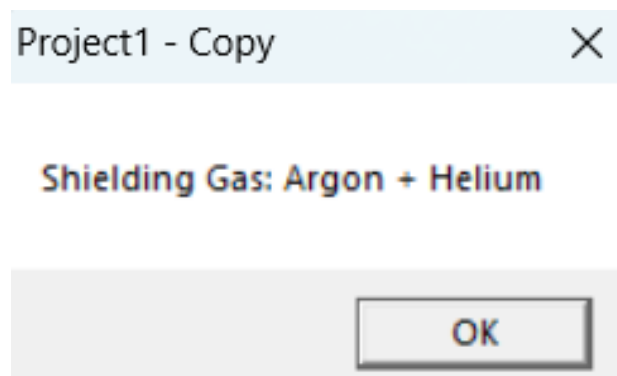


Fig 24. Gaz de protection entre bronze et cuivre

- Cliquer sur **Information base** pour afficher un tableau récapitulatif du gaz de protection

L'écran de figure 26 illustre les informations de base du gaz de protection

Metal 1	Metal 2	Shielding Gas
Steel	Steel	CO2 or Argon + CO2
Steel	Stainless Steel	Argon + 2% Oxygen or Argon +
Stainless Steel	Steel	Argon + 2% Oxygen or Argon +
Steel	Copper	Argon or Argon + Helium
Copper	Steel	Argon or Argon + Helium
Stainless Steel	Stainless Steel	Argon + 2% Hydrogen or Pure /
Stainless Steel	Copper	Pure Argon
Copper	Stainless Steel	Pure Argon
Stainless Steel	Nickel	Argon + 2% Hydrogen or Pure /
Nickel	Stainless Steel	Argon + 2% Hydrogen or Pure /
Aluminum	Aluminum	Pure Argon or Argon + Helium
Aluminum	Copper	Pure Argon
Copper	Aluminum	Pure Argon
Aluminum	Bronze	Argon + Helium
Bronze	Aluminum	Argon + Helium
Aluminum	Titanium	Pure Argon (Note: uncommon)
Titanium	Aluminum	Pure Argon (Note: uncommon)

Fig 25. Informations de base du gaz de protection

5.3. Type de courant

- Cliquer sur le bouton **Current type** pour accéder à l'interface

L'écran de figure 27 illustre le type de courant

current type

The type of electrical current used in welding (AC or DC) is determined based on the type of metal; some metals require direct current (DC) for better arc stability, while others need alternating current (AC) to aid in oxidation removal and cleaning during welding.

Select Metal 1:

Select Metal 2:

Click for Result

current type

Back Information base

Fig 26. Type de courant

- Pour accéder à cette fonction choisir les deux métaux à souder à partir les deux listes par exemple nickel avec acier inoxydable.

L'écran de figure 28 illustre le choix des matériaux

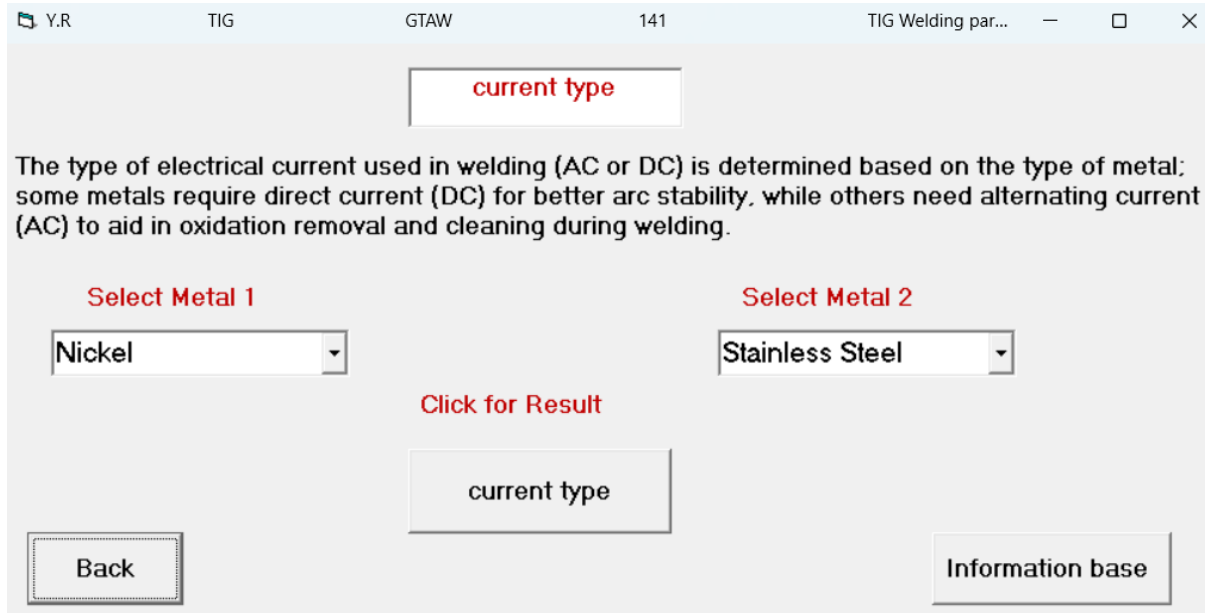


Fig 27. Choix des matériaux.

- Cliquer sur  :

L'écran de la figure 29 donne type de courant

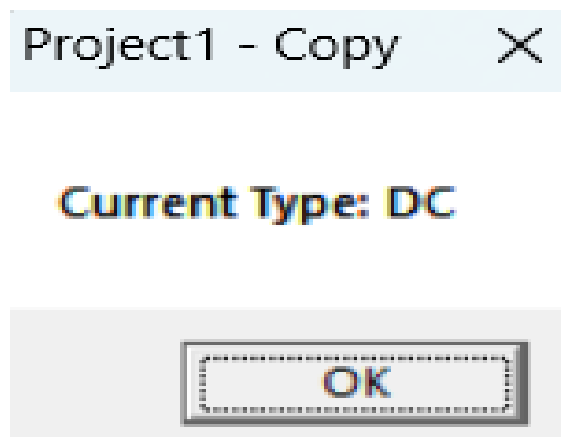


Fig 28. Type de courant entre nickel et inox

- Cliquer sur **Information base** pour afficher un tableau récapitulatif du type de courant

L'écran de figure 30 illustre les informations de base du type de courant

Metal 1	Metal 2	Current Type
Steel	Steel	DC
Steel	Stainless Steel	DC
Stainless Steel	Steel	DC
Steel	Copper	DC
Copper	Steel	DC
Stainless Steel	Stainless Steel	DC
Stainless Steel	Copper	DC
Copper	Stainless Steel	DC
Stainless Steel	Nickel	DC
Nickel	Stainless Steel	DC
Aluminum	Aluminum	AC
Aluminum	Copper	AC
Copper	Aluminum	AC
Aluminum	Bronze	AC
Bronze	Aluminum	AC
Aluminum	Titanium	AC
Titanium	Aluminum	AC
Copper	Copper	DC

Fig 29. Informations de base de type de courant.

5.4. Types de buses

- Cliquer sur le bouton **Nozzle Type and Color** pour accéder à l'interface

L'écran de figure 31 illustre le type de buses

Nozzele

Metals sensitive to oxidation require nozzles that provide a focused and stable gas flow, while less sensitive metals can use simpler nozzles.

Select Metal 1:

Select Metal 2:

Click for Result

Nozzle Type and Color

Back Information base

Fig 30. Type de buses

- Pour accéder à cette fonction choisir les deux métaux à souder à partir les deux listes par exemple aluminium avec aluminium

L'écran de figure 32 illustre le choix des matériaux

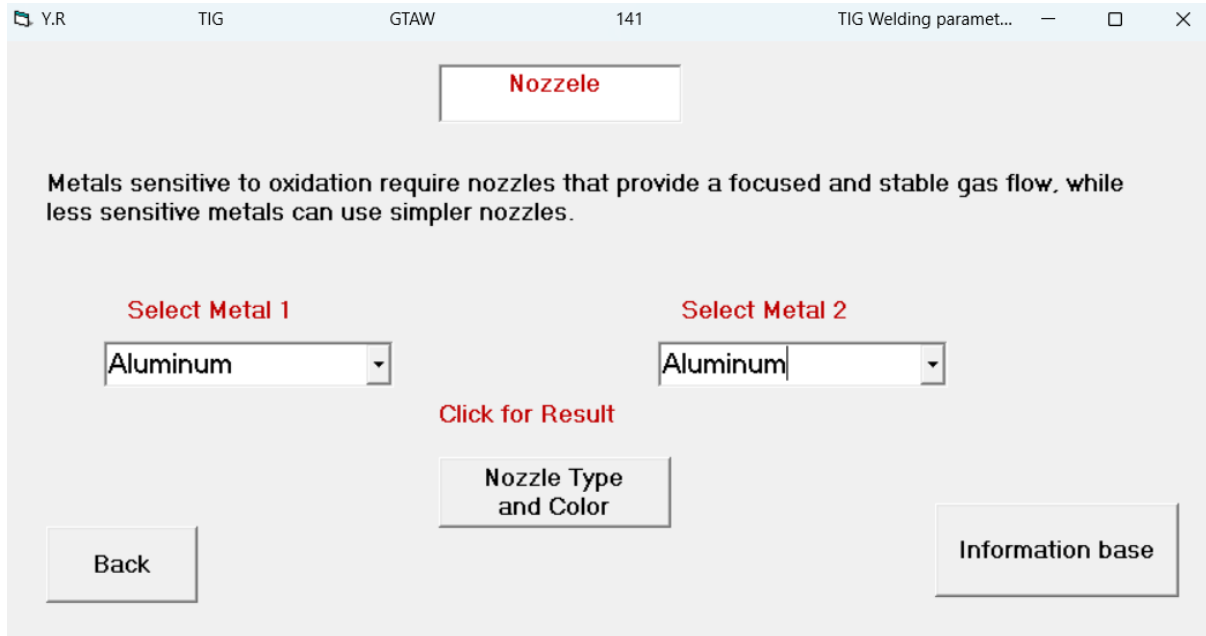


Fig31. Choix des matériaux

- Cliquer sur **Nozzle Type and Color** :

L'écran de figure 33 donne type de buse

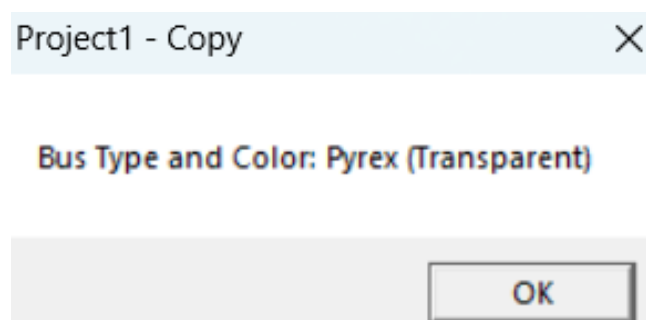


Fig 32. Type de buse et sa couler entre aluminium et aluminium.

- Cliquer sur **Information base** pour afficher un tableau récapitulatif du type de buses et sa couler

L'écran de figure 34 illustre les informations de base du type de buse et sa couler

Metal 1	Metal 2	Bus Type and Color
Steel	Steel	Alumine (Violet)
Steel	Stainless Steel	Céramique (Brown)
Stainless Steel	Steel	Céramique (Brown)
Steel	Copper	Nitru de Silicium (Grey)
Copper	Steel	Nitru de Silicium (Grey)
Stainless Steel	Stainless Steel	Alumine (Violet)
Stainless Steel	Copper	Nitru de Silicium (Grey)
Copper	Stainless Steel	Nitru de Silicium (Grey)
Stainless Steel	Nickel	Nitru de Silicium (Grey)
Nickel	Stainless Steel	Nitru de Silicium (Grey)
Aluminum	Aluminum	Pyrex (Transparent)
Aluminum	Copper	Céramique (Brown)
Copper	Aluminum	Céramique (Brown)
Aluminum	Bronze	Céramique (Brown)
Bronze	Aluminum	Céramique (Brown)
Aluminum	Titanium	Céramique (Brown)

Fig 33. Information de base de type de buse et sa couler

5.5. Ampérage

- Cliquer sur le bouton **Ampérage** pour accéder à l'interface

L'écran de figure 35 illustre l'ampérage

Ampérage

Ampérage increases with the increase in metal thickness and changes according to the type of metal, as each metal has different thermal and electrical properties that affect the amount of current required for effective welding

Select Metal 1:

Select Metal 2:

Click for Result

Ampérage

Back Information base

Fig34. Ampérage

- Pour accéder à cette fonction choisir les deux métaux à souder à partir les deux listes par exemple titanium avec titanium.

L'écran de figure 36 illustre le choix des matériaux

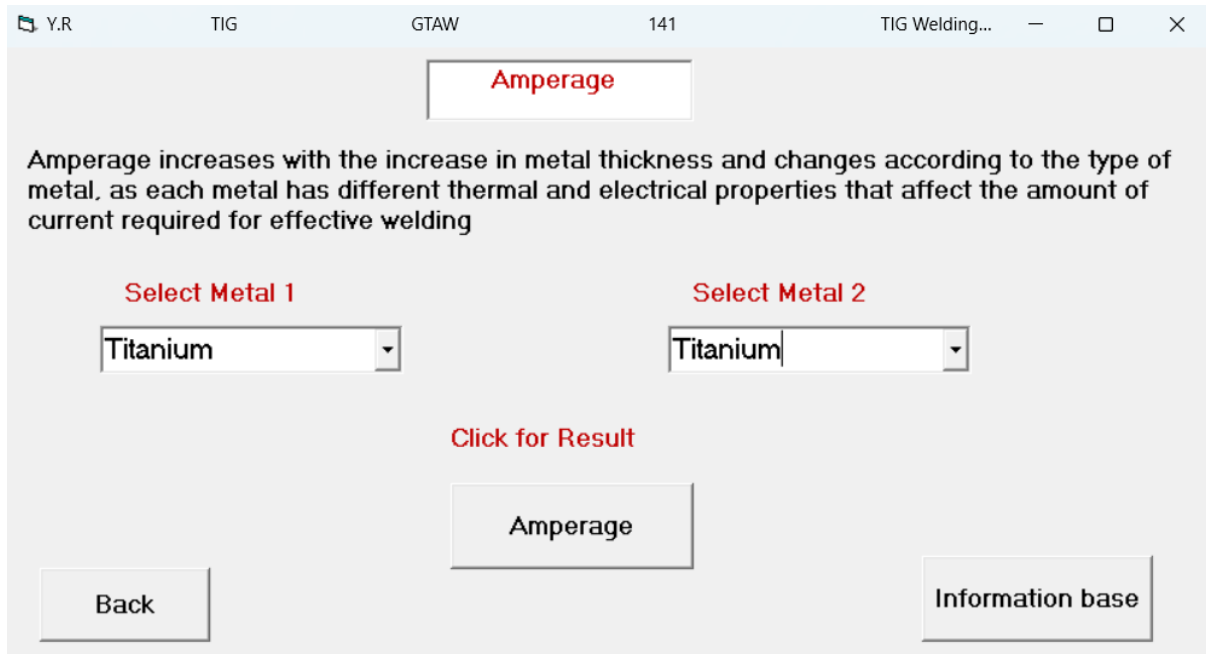
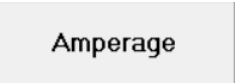


Fig 36. Choix des matériaux.

- Cliquer sur , sélectionner l'épaisseur de la tôle à souder par exemple 4mm

L'écran de figure 37 présente l'épaisseur choisie.

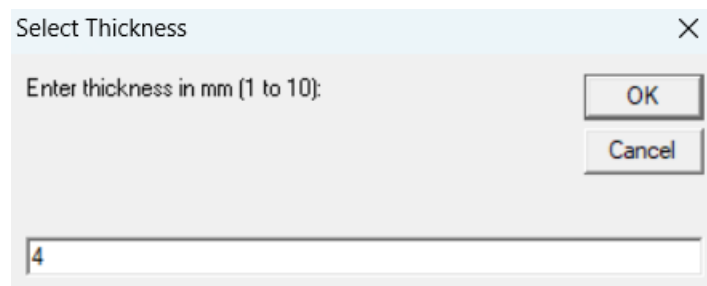



Fig 35. Epaisseur choisie

- Cliquer sur  :

L'écran de figure 38 donne l'ampérage

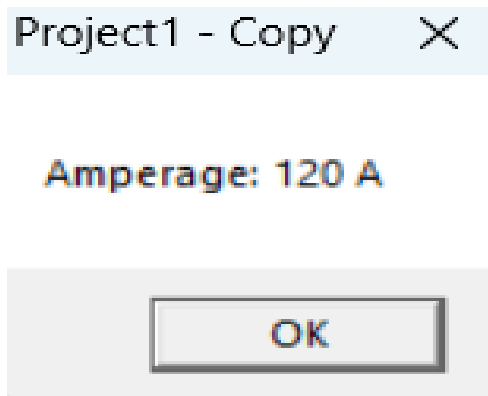
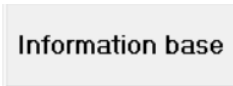
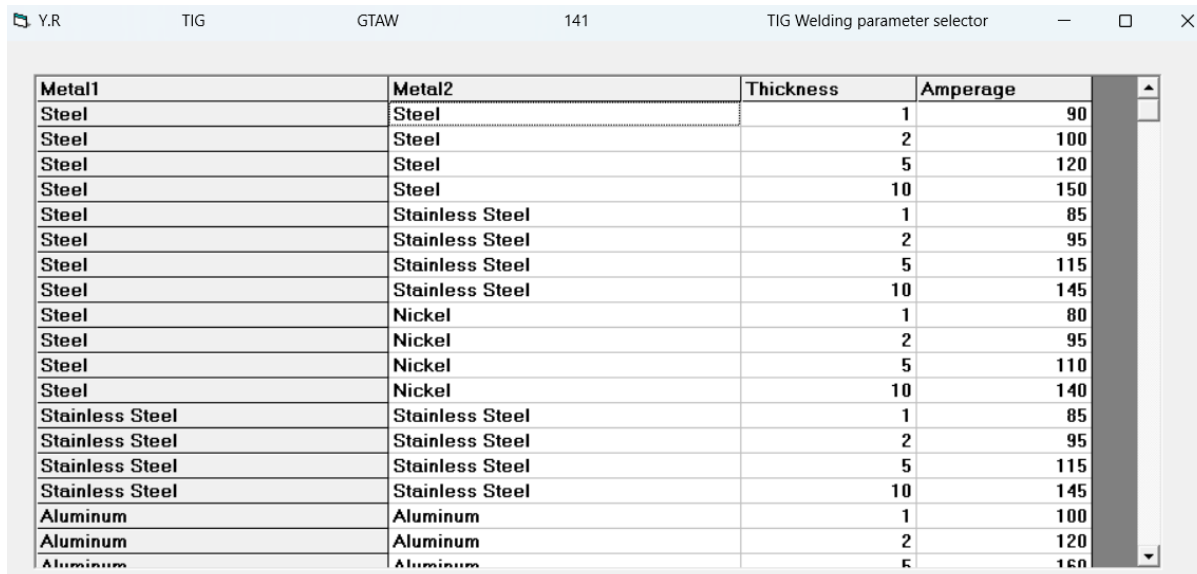


Fig 36. Ampérage entre titanium et titanium.

- Cliquer sur  pour afficher un tableau récapitulatif d'ampérage.

L'écran de figure 39 illustre les informations de base d'ampérage




The image shows a software window titled "TIG Welding parameter selector" with a menu bar containing "Y.R", "TIG", "GTAW", "141", and window control buttons. The main content is a table with the following data:

Metal1	Metal2	Thickness	Amperage
Steel	Steel	1	90
Steel	Steel	2	100
Steel	Steel	5	120
Steel	Steel	10	150
Steel	Stainless Steel	1	85
Steel	Stainless Steel	2	95
Steel	Stainless Steel	5	115
Steel	Stainless Steel	10	145
Steel	Nickel	1	80
Steel	Nickel	2	95
Steel	Nickel	5	110
Steel	Nickel	10	140
Stainless Steel	Stainless Steel	1	85
Stainless Steel	Stainless Steel	2	95
Stainless Steel	Stainless Steel	5	115
Stainless Steel	Stainless Steel	10	145
Aluminum	Aluminum	1	100
Aluminum	Aluminum	2	120
Aluminum	Aluminum	5	160

Fig 37. Information de base d'ampérage

5.6. Débit de gaz

- Cliquer sur le bouton  pour accéder à l'interface

L'écran de figure 40 illustre le débit de gaz

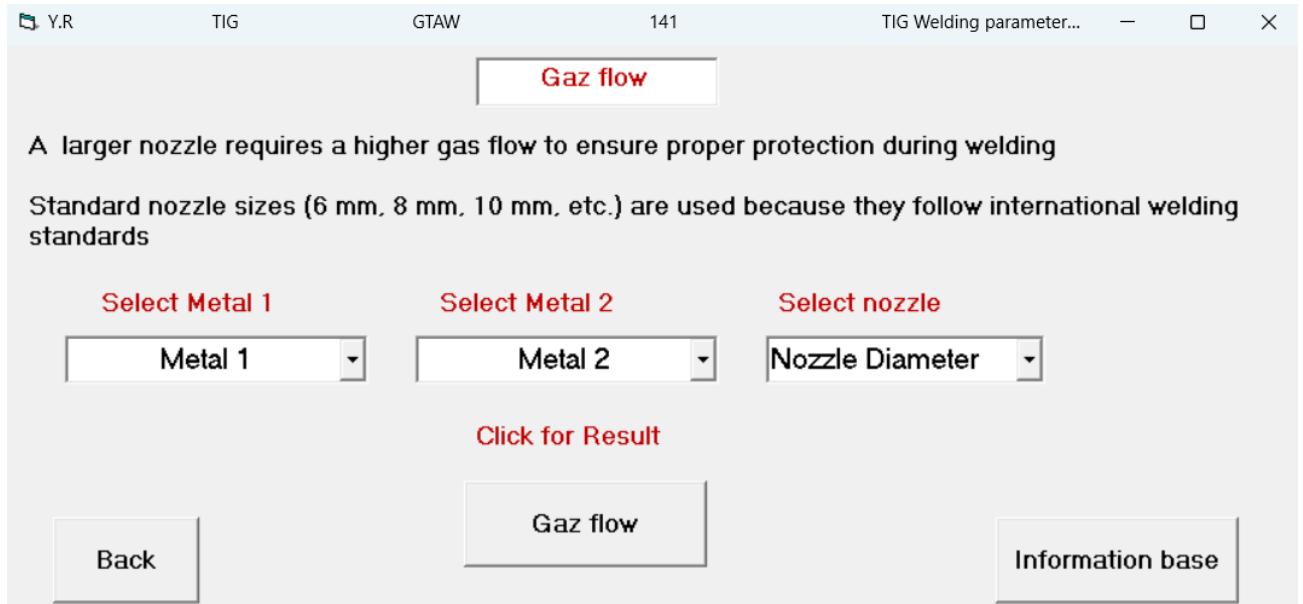


Fig 38. Débit de gaz

- Pour accéder à cette fonction choisir les deux métaux à souder et le diamètre de la buse à partir les listes par exemple fonte avec acier, 10mm.

L'écran de figure 41 illustre le choix des deux métaux à souder et le diamètre de la buse.

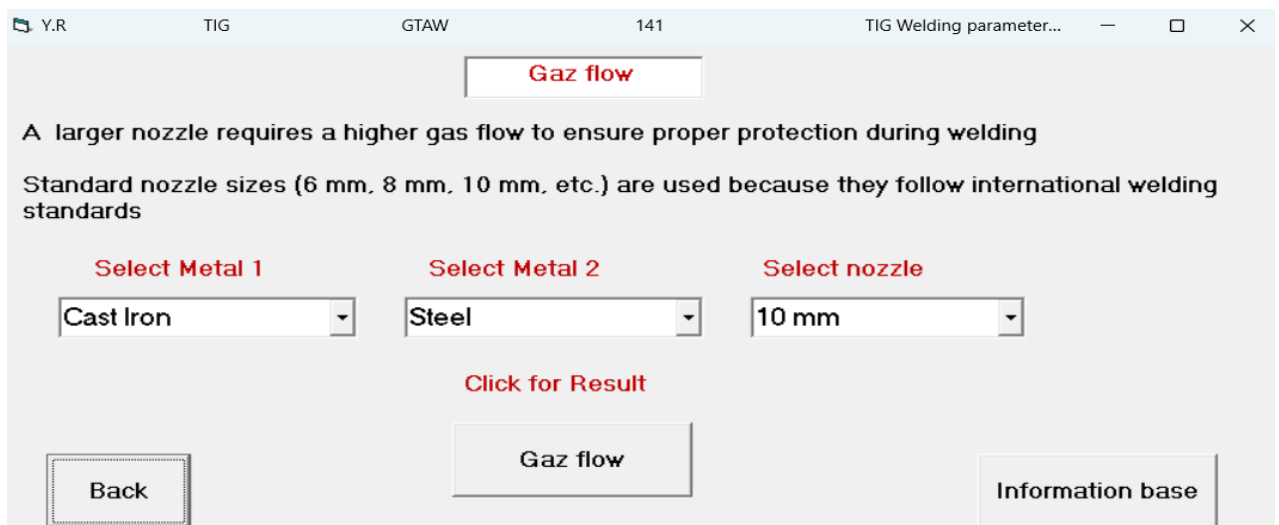


Fig 39. Choix des deux métaux à souder et le diamètre de la buse.

- Cliquer sur **Gaz flow** :

L'écran de figure 42 donne le débit de gaz

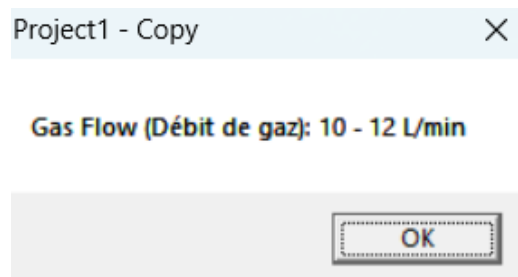


Fig 40. Débit de gaz

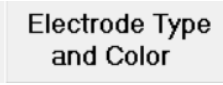
- Cliquer sur **Information base** pour afficher un tableau récapitulatif de débit de gaz

L'écran de figure 43 illustre les informations de base de débit de gaz

Nozzle Diameter	Gas Flow (L/min)
6 mm	4 - 7
8 mm	7 - 10
10 mm	10 - 12
12 mm	12 - 15
16 mm	15 - 20
20 mm	18 - 25

Fig 41. Informations de base de débit de gaz

5.7. Type d'électrodes

- Cliquer sur le bouton  pour accéder à l'interface

L'écran de figure 44 illustre le type d'électrode

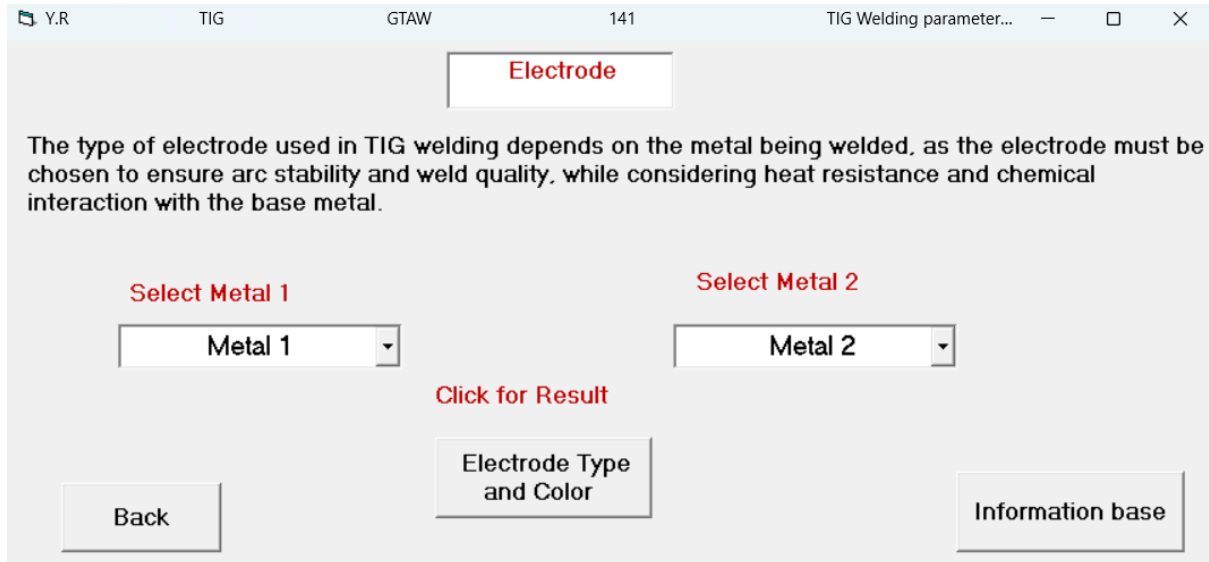


Fig 42. Electrode

- Pour accéder à cette fonction choisir les deux métaux à souder à partir les deux listes par exemple fonte avec fonte

L'écran de figure 45 illustre le choix des matériaux

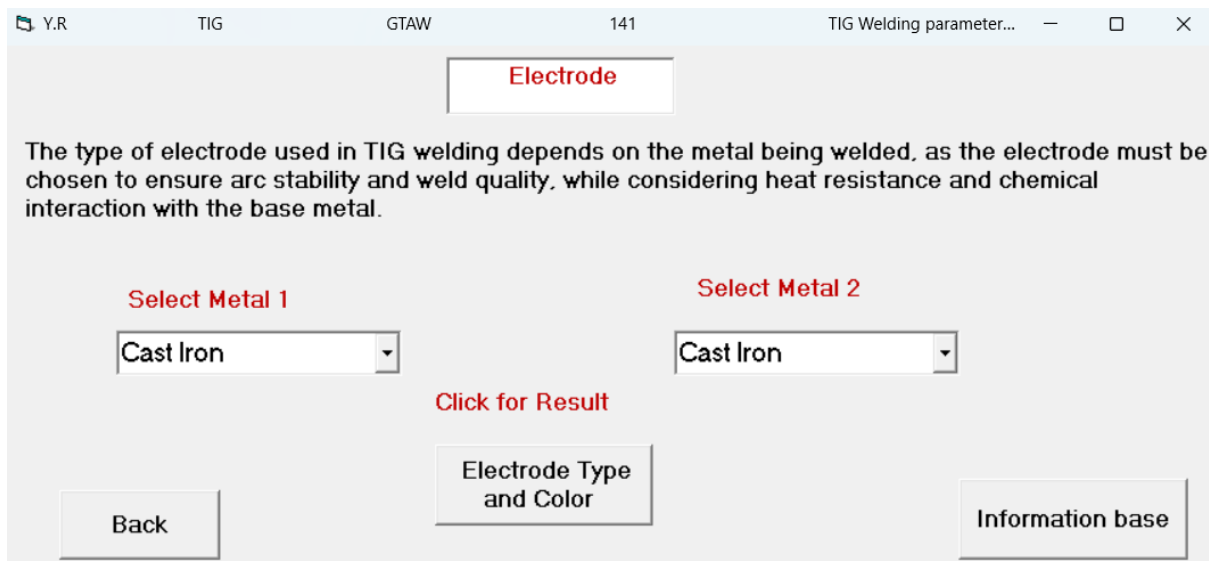


Fig 43. Choix des matériaux

- Cliquer sur **Electrode Type and Color** :

L'écran de figure 46 donne l'électrode

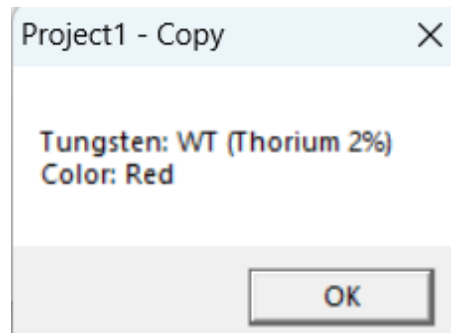


Fig 44. Electrode entre la fonte et la fonte

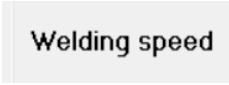
- Cliquer sur **Information base** pour afficher un tableau récapitulatif d'électrode

L'écran de figure 47 illustre les informations d'électrode.

Metal1	Metal2	Tungsten - Color
Steel	Steel	WL (Lanthanium) - Blue
Steel	Stainless Steel	WL (Lanthanium) - Blue
Steel	Copper	WC (Cérium) - Grey
Steel	Cast Iron	WT (Thorium 2%) - Red
Stainless Steel	Stainless Steel	WL (Lanthanium) - Blue
Stainless Steel	Copper	WC (Cérium) - Grey
Stainless Steel	Nickel	WT (Thorium 2%) - Red
Aluminum	Aluminum	WP (Pure) - Green
Aluminum	Copper	WP (Pure) - Green
Aluminum	Bronze	WP (Pure) - Green
Aluminum	Titanium	WP (Pure) - Green
Copper	Copper	WC (Cérium) - Grey
Copper	Bronze	WC (Cérium) - Grey
Bronze	Bronze	WC (Cérium) - Grey
Titanium	Titanium	WP (Pure) - Green
Nickel	Nickel	WT (Thorium 2%) - Red
Cast Iron	Cast Iron	WT (Thorium 2%) - Red

Fig 45. Informations de base d'électrode

5.8. Vitesse de soudage

- Cliquer sur le bouton  pour accéder à l'interface

L'écran de figure 48 illustre la vitesse de soudage

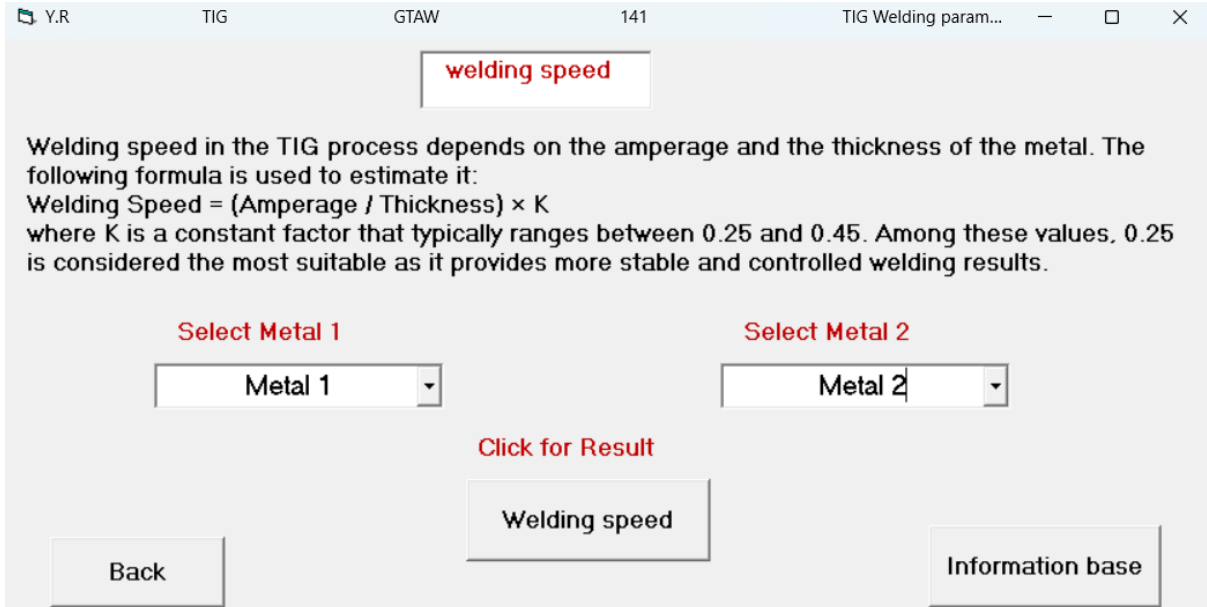


Fig 46. Vitesse de soudage

- Pour accéder à cette fonction, choisir les deux métaux à souder à partir les deux listes exemple cuivre et cuivre

L'écran de figure 49 illustre le choix des matériaux

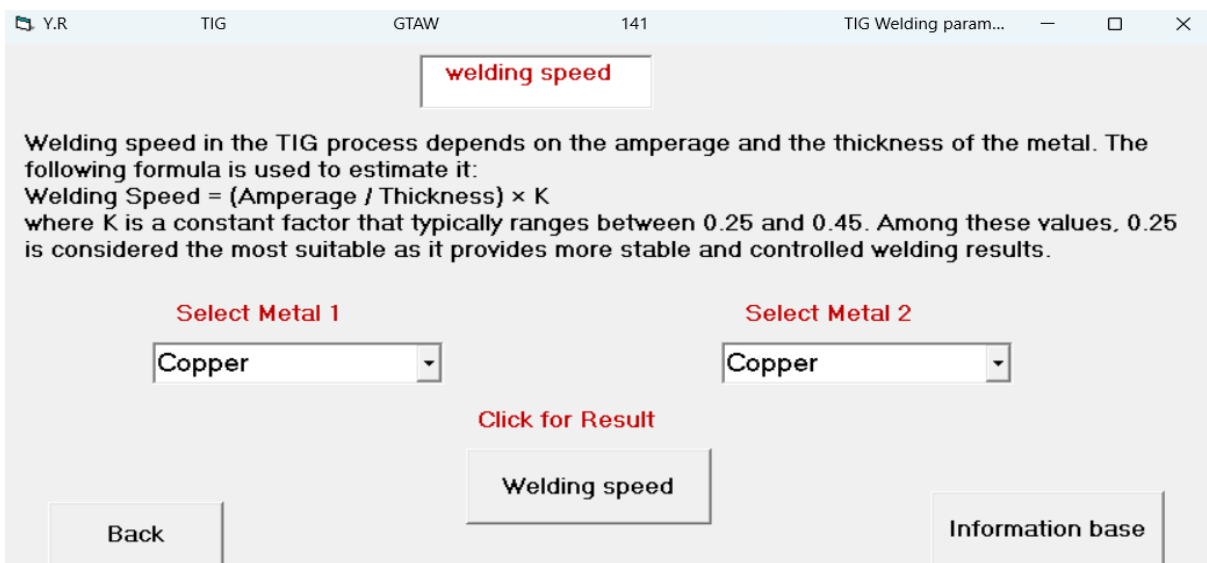


Fig 47. Choix des matériaux

- Cliquer sur **Welding speed**, sélectionner épaisseur par exemple 4mm

L'écran de figure 50 présente l'épaisseur choisie

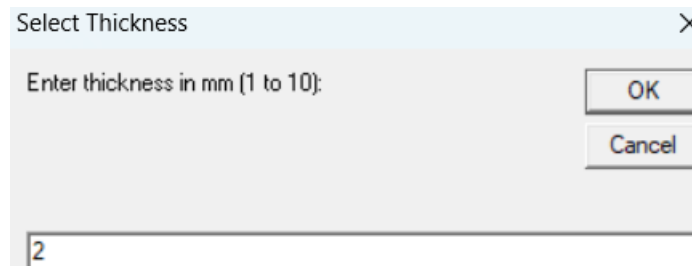


Fig 48. Epaisseur choisie

- Cliquer sur **OK** :

L'écran de figure 51 présente la résultat

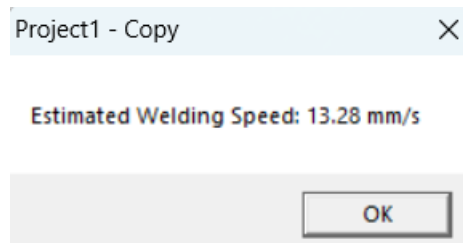


Fig 49. Vitesse de soudage

- Cliquer sur **Information base** pour afficher un tableau récapitulatif de la vitesse de soudage

L'écran de figure 52 illustre les informations de la vitesse de soudage

Metal 1	Metal 2	Welding Speed (mm/s)
Steel	Steel (t=1mm)	22.50
Steel	Steel (t=5mm)	6.50
Steel	Steel (t=10mm)	4.25
Steel	Stainless Steel (t=1mm)	22.50
Steel	Stainless Steel (t=5mm)	6.50
Steel	Stainless Steel (t=10mm)	4.25
Steel	Copper (t=1mm)	23.75
Steel	Copper (t=5mm)	7.00
Steel	Copper (t=10mm)	4.63
Steel	Cast Iron (t=1mm)	20.00
Steel	Cast Iron (t=5mm)	6.00
Steel	Cast Iron (t=10mm)	4.00
Stainless Steel	Steel (t=1mm)	22.50
Stainless Steel	Steel (t=5mm)	6.50
Stainless Steel	Steel (t=10mm)	4.25
Stainless Steel	Stainless Steel (t=1mm)	21.25
Stainless Steel	Stainless Steel (t=5mm)	6.25
Stainless Steel	Stainless Steel (t=10mm)	4.13
Stainless Steel	Nickel (t=1mm)	22.50

Fig 50. Informations de la vitesse de soudage

Conclusion générale et perspectives

En conclusion, le soudage TIG est l'une des techniques de soudage les plus précises et de haute qualité. Il se distingue par un excellent contrôle, une grande propreté et des soudures solides et sans défauts. Utilisé largement dans les industries exigeantes comme l'aéronautique et le secteur médical, le soudage TIG représente une solution fiable et performante. Maîtriser ses principes et son équipement est essentiel pour garantir des résultats sûrs et optimaux.

Ce module remplit plusieurs fonctions essentielles :

- Métal d'apport ;
- Gaz de protection ;
- Type de courant ;
- Type de buses ;
- Ampérage ;
- Débit de gaz ;
- Type d'électrodes ;
- Vitesse de soudage ;

En perspective ce travail sera élargi aux vidéos présentant les différentes applications du soudage TIG , ainsi qu'aux autres procédés de soudage tels que MIG-MAG,....

Webographie

- [1] : <https://www.axxair.com/fr/blog/tout-savoir-sur-le-soudage-tig-orbital>
- [3] : <https://www.soudeurs.com/site/le-procede-de-soudage-tig-gtaw-141-210/>
- [4] : <https://www.soudeurs.com/site/le-procede-de-soudage-tig-gtaw-141-210/>
- [6] : <https://www.telwin.com/fr/telwin-academy/saldatura/tig-welding>
- [7] : <https://www.soudeurs.com/site/definition-d-un-arc-electrique-et-des-differents-types-de-courants-de-soudage-utilises-528/>
- [8] : <https://www.rocdacier.com/soudure-tig-regler-poste-a-souder/>
- [10]: Abioye, T.E. (2017) The Effect of Heat Input on the Mechanical and Corrosion Properties of AISI 304 Electric Arc Weldments. British Journal of Applied Science and Technology, 20, 1-10. <http://www.sciencedomain.org> <https://doi.org/10.9734/BJAST/2017/32846>
- [13]: <https://www.soudeurs.com/site/quel-metal-d-apport-je-fois-selectionner-et-utiliser-pour-souder-l-acier-inoxydable-319/>
- [15]: https://www.soudeurs.com/pièces_jointes/15223-Amorçage%20TIG..pdf
- [16]: https://userdoc.kemppi.com/om/mastertig/fr/content/topics/a_introduction/welding-processes-and-features.htm
- [17]: <https://www.rocdacier.com/souder-arc-electrode-enrobee>
- [18]: <https://weldguru.com/2t-vs-4t/>
- [19]: <https://www.soudeurs.com/site/comprendre-le-schema-du-cycle-de-soudage-sur-un-generateur-tig-gtaw-371/>
- [20] : Procédés de soudage : Soudage ARC, Soudage TIG, Soudage MIG/MAG | Promeca - Promeca Distribution. (2022). Retrieved 18 June 2022, from <https://www.promeca.com/contenu/21-procedes-de-soudage>
- [21] : <https://www.usinenouvelle.com/expo/generateur-a-technologie-onduleur-pou-p23981.html>
- [22] : <https://blog.perfectwelding.fronius.com/en/which-tig-torch-does-what/>
- [23] : Comment choisir sa buse TIG- Rocard@cier. (2022). Retrieved 18 June 2022, from <https://www.rocdacier.com/choisir-buse-tig/>
- [24]: <https://www.bonnefonsoudure.fr/actualites/comment-choisir-sa-buse-gaz-tig/>
- [25]: <https://www.millerwelds.com/resources/article-library/all-about-tungsten-in-tig-welding-types-selection-and-use>
- [26]: <https://www.axxair.com/fr/blog/les-differents-types-delectrodes-utilises-en-soudage-tig-orbital>
- [27]: <https://www.thefabricator.com/thewelder/article/arcwelding/tungsten-101>
- [28]: <https://www.millerwelds.com/resources/article-library/proper-shielding-gas-coverage-is->

key-to-success-in-gtaw

[29] : Chaudronnerie industrielle. (2017). *Réglage du débit de gaz* [Image]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=t-9vljAmJPY>

[30]:https://www.gys.fr/spip.php?page=search&Template_Complet_fr%5Bquery%5D=baguete&lang=fr

BIBLIOGRAPHIE

[2] O'Brien, A., & Guzman, C. 2007. *Welding handbook*. Miami, FL: American Welding Society

[5] Cary, Howard B.; Helzer, Scott C. (2005). *Modern welding technology*. Upper Saddle River,

[9] Tewari, S.P., Gupta, A. and Prakash, J. (2010) Effect of Welding Parameters on the Weldability of Materials. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2, 512-516.

[11] Kumar, P., Kolhe, K., Morey, S., & Datta, C. (2011). Process Parameters Optimization of an Aluminium Alloy with Pulsed Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Using Gas Mixtures. *Materials Sciences And Applications*, 02(04), 251- 257. doi: 10.4236/msa.2011.24032

[12] [Arun, N., Cijo, M., Vinod, Y.B. and Joby, J. (2013) Influence of Gas Tungsten Arc Welding Parameters on Aluminum 5083 Alloy. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, 2, 113-118.