

Technologie de coupage au plasma : Théorie et pratique

Guide de l'animateur



Propulsé par Hypertherm®

893402 – Révision C

Introduction

Bienvenue à cette formation **Technologie de coupage au plasma : théorie et pratique**. Ce guide de l'animateur, ainsi que les diapositives PowerPoint, les feuillets d'exercices et le matériel de formation pratique, constituent la trousse d'outils qui vous servira à mener à terme ce cours de 10 sessions. Chaque session est conçue de manière à durer entre 50 et 60 minutes et comprend des activités pour garder vos étudiants attentifs et motivés à apprendre.

À propos des concepteurs de cette formation : Hypertherm conçoit et fabrique les systèmes de coupage au plasma les plus avancés au monde qui sont utilisés au sein d'un grand éventail d'industries telles que la construction navale, la fabrication ou la réparation automobile. Sa gamme de produits offre autant des systèmes plasma mécanisés que manuels, ainsi que des commandes CNC de mouvement et de hauteur. Les systèmes Hypertherm sont réputés pour leur fiabilité et leurs performances, deux éléments qui se traduisent par plus de productivité et de rentabilité pour des dizaines de milliers d'entreprises. La notoriété pour son innovation en plasma de cette entreprise basée au New Hampshire remonte à 40 ans en arrière, soit en 1968, avec l'invention par Hypertherm du coupage plasma à injection d'eau. Cette entreprise, citée régulièrement comme l'un des meilleurs endroits où travailler en Amérique, possède plus de 1 000 associés ainsi que des opérations et des partenaires de représentation à travers le monde. Pour en savoir davantage, veuillez visiter www.hypertherm.com.

Survol de la formation

- Session 1: Qu'est-ce que le plasma?
- Session 2: L'utilisation des systèmes plasma en industrie
- Session 3: Survol d'un système plasma
- Session 4: Utiliser le manuel de l'opérateur du système plasma
- Session 5: Le maniement d'un système plasma
- Session 6: Évaluation de la qualité de coupe et dépannage
- Session 7: Examen théorique
- Session 8: Coupage à main levée et au gabarit
- Session 9: Perçage de trou et gougeage première partie
- Session 10: Gougeage deuxième partie et évaluations finales

- **Au début de chaque session.** Ce guide fournit un tour d'horizon de chaque session, en commençant par un synopsis de la matière qui sera présentée, le minutage recommandé et une section intitulée « Avant de commencer ». Prenez soin de bien lire les étapes à accomplir avant de débiter la classe de manière à être tout à fait préparé lorsque les étudiants entreront en classe.
- **Les diapositives PowerPoint.** Cette formation utilise des diapositives PowerPoint à projeter au devant de la classe. Vous devrez vous assurer de la disponibilité d'un ordinateur et d'un projecteur pour chacune des six sessions théoriques de manière à tirer le maximum du matériel de cours.

Les diapositives PowerPoint sont fournies sur le cédérom inclut dans cet ensemble et leur fichier respectif est nommé en fonction du numéro de session :

- Session 1 – Qu'est-ce que le plasma.ppt
- Session 2 – Utilisation de systèmes plasma en industrie.ppt
- Session 3 – Survol d'un système plasma.ppt
- Session 4 – Utiliser le manuel de l'opérateur.ppt
- Session 5 – Maniement du système plasma.ppt
- Session 6 – Évaluation de la qualité de coupe et dépannage.ppt

Pour utiliser un jeu de diapositives, double-cliquez sur le nom de fichier approprié pour l'ouvrir. Une fois le fichier affiché, vous devrez passer en mode « diaporama ». Pour ce faire, appuyez sur la touche F5, cliquez sur « affichage » dans le menu du haut et choisissez « diaporama » dans le menu déroulant. Vous pouvez aussi cliquer sur l'icône en forme d'écran qui se trouve en bas à gauche.

Lorsque le jeu de diapositives sera affiché, utilisez la barre d'espacement pour avancer d'une diapositive à l'autre. Il y a quelques écrans interactifs dans cette formation qui nécessiteront de cliquer sur des menus se trouvant directement sur la diapositive PowerPoint. Les instructions pour ces types d'interactions sont fournies dans le Guide de l'animateur et/ou sur la diapositive.

Pour terminer un diaporama, pressez la touche « Esc » de votre clavier. Vous pourrez alors quitter PowerPoint en cliquant sur le « X » dans le coin en haut à droite de l'écran ou en sélectionnant « Fichier » dans le menu du haut et ensuite « Quitter » dans le menu déroulant.

- **Configuration minimale du système.** Les diapositives PowerPoint accompagnant cette formation contiennent des vidéos qui nécessitent un ordinateur ayant une vitesse de processeur adéquate pour fonctionner correctement. Veuillez vous assurer que votre ordinateur possède au moins les spécifications suivantes avant de tenter de faire fonctionner le cours :
 - Microprocesseur : Intel Core2Duo 2.2 GHz avec 2 Go de mémoire vive
 - Espace disque : disque dur de 160 gigaoctets et lecteur combiné DVD-RW/CD-RW
 - Vidéo: 256 Mo de mémoire vive dédiée à la vidéo & écran ACL.
 - Système d'exploitation : Windows XP Professionnel de Microsoft, Windows Vista Entreprise* de Microsoft ou Windows Vista Intégral de Microsoft*
 - Flash Player Version 9 ou suivante, Acrobat Reader d'Adobe et Windows Media Player 10
- **Exercices pour les étudiants.** Ce guide de l'animateur contient tous les feuillets d'exercices complétés avec les bonnes réponses, suivis d'une version pour l'étudiant des mêmes feuillets. Les feuillets d'exercices ont été intégrés aux endroits appropriés dans le déroulement du cours.
- **Devoirs à la maison.** Vous remarquerez qu'il y a des questions en guise de devoir à la maison accompagnant chacune des leçons théoriques (sessions 1 à 6). Ces questions passent en revue la matière présentée au cours de la session et préparent les étudiants à la matière suivante.
- **Examen théorique.** Un examen de 30 questions portant sur la théorie est planifié à la session 7. Cet examen teste les étudiants sur les concepts clés présentés pendant la portion théorique de ce cours. Prenez note que les questions des devoirs à la maison ont les mêmes objectifs d'apprentissage que celles de l'examen. Donc, les devoirs sont une bonne activité de révision pour l'étudiant qui se prépare à l'examen. Cet examen et sa clé de correction sont fournis dans ce guide de l'animateur.

Session 1: Qu'est-ce que le plasma?

Cette session présente une vue d'ensemble de la formation et fait l'introduction des systèmes plasma, avec entre autres une démonstration d'un système plasma dirigée par un instructeur de manière à impliquer activement les étudiants dès le début de ce cours en 10 sessions.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction	5 minutes
Qu'est-ce qu'un système plasma?	5 minutes
Démonstration d'un système plasma	15 minutes
Qu'est-ce que le plasma? (incluant exercice et discussion)	10 minutes
Comment le plasma est-il créé dans un système plasma? (incluant discussion)	10 minutes
Historique des systèmes plasma	5 minutes
Temps total :	50 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

1. Préparez le système plasma et assurez-vous d'être à l'aise de faire la démonstration d'une coupe avec décrochage.
2. Munissez-vous de suffisamment de lunettes de sécurité pour tous les étudiants de la classe. Celles-ci serviront pendant la démonstration de coupage.
3. Téléchargez les diapositives PowerPoint dans l'ordinateur pour la projection ; ensuite, vérifiez que les images projetées soient visibles par tous les étudiants dans la classe.
4. Faites une copie de l'exercice pour chacun des étudiants de la classe.

Introduction

Objectif : Voir les objectifs d'apprentissage et la structure globale du cours.

Temps : 5 minutes

Diapo 0: Titre de la leçon

Diapo 1: Plan de cours

Le cours comprend six leçons, incluant chacune des activités en classe :

1. Qu'est-ce que le Plasma?
2. Utilisation de systèmes plasma en industrie
3. Survol d'un système plasma
4. Utiliser le manuel de votre système plasma
5. Maniement du système plasma
6. Évaluation de la qualité de coupe et dépannage

Diapo 2: Objectifs du cours

Une fois ce cours complété, vous devriez être en mesure de :

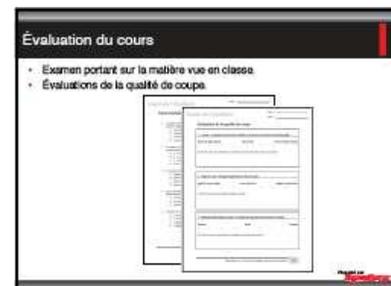
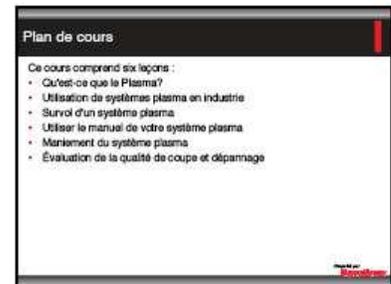
- Connaître ce qu'est le plasma et comment cela fonctionne.
- Identifier des usages industriels pour les systèmes plasma.
- Comparer et différencier le plasma par rapport aux autres méthodes de coupage, notamment l'oxygaz et le laser.
- Identifier les composants d'un système plasma, y compris les consommables.
- Connaître et comprendre les mesures de sécurité du plasma.
- Être plus habile à réaliser des :
 - Coupes avec décrochage
 - Coupes à main levée
 - Coupes avec guide/gabarit
 - Perçages de trou
 - Gouges
- Être capable d'évaluer la qualité des coupes.

Diapo 3: Évaluation du cours

Les étudiants seront évalués sur la base de :

- Un examen de 30 questions inspiré de la matière vue durant les six leçons.
- Autoévaluation et évaluation par l'instructeur des coupes réalisées avec le système plasma.

Note: Expliquez à vos étudiants que l'autoévaluation est aussi importante que celle de l'instructeur. Personne ne s'attend à ce que les coupes soient parfaites dès la première fois, cependant les étudiants apprendront les techniques adéquates et doivent être en mesure d'identifier les bons et les mauvais éléments d'une coupe en particulier.



Qu'est-ce qu'un système plasma?

Objectif : Faire un survol des systèmes de coupage plasma

Temps : 5 minutes, incluant la démonstration

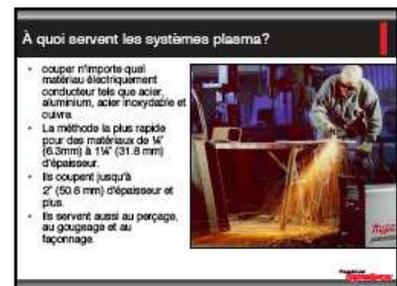
Diapo 4: Qu'est-ce qu'un système plasma?

- Les systèmes plasma sont des appareils conçus pour couper des métaux et autres matériaux conducteurs de diverses épaisseurs.
- Ils vont de l'unité manuelle transportable jusqu'à l'unité automatisée montée sur une table.
- Un système plasma utilise l'électricité et le gaz pour créer un arc à très haute température (20 000° C), c'est-à-dire le plasma.
- Les pièces consommables maintenues par la torche servent à comprimer et à diriger l'arc, ce qui maximise son efficacité à couper le métal.
- Les systèmes plasma utilisent l'arc et le flux de gaz, qui donne la forme à l'arc, pour respectivement faire fondre le matériau et le chasser loin de l'arête de coupe.



Diapo 5: À quoi servent les systèmes plasma?

- Les systèmes plasma peuvent couper *n'importe quel* matériau électriquement conducteur : les plus communs sont l'acier, l'aluminium, l'acier inoxydable et le cuivre.
- Le coupage au plasma est généralement la méthode la plus rapide pour couper des matériaux entre ¼" (6.3mm) et 1¼" (31.8mm) d'épaisseur.
- Les découpeuses au plasma classiques peuvent couper une plaque allant jusqu'à 2" (50.8mm) d'épaisseur. Cependant, certaines machines industrielles spécialisées sont capables de couper des matériaux encore plus épais.
- Les découpeuses au plasma sont aussi utilisées pour le perçage, le gougeage et au façonnage (i.e. coupes en biseau).



Diapo 6: Les types de système plasma

- Manuel – unité facile à transporter, souvent avec une torche façonnée pour la main, ayant une capacité habituelle de couper des plaques allant jusqu'à 2" (5cm) d'épaisseur. Certaines torches droites spéciales permettent pour certaines applications d'utiliser ces systèmes sur des tables de coupage CNC.
- Mécanisé – Se retrouve généralement dans une installation industrielle en vue d'une utilisation dans des cycles de grande production. Est habituellement optimisé soit pour le coupage de grande qualité, soit pour le coupage de grande vitesse; de plus, certains systèmes sont capables de couper des matériaux extrêmement épais.



Démonstration d'un système plasma

Objectif : Générer de l'intérêt envers le procédé de coupage au plasma en faisant la démonstration d'une coupe en classe.

Temps : 15 minutes, incluant la démonstration

Notes pour l'animateur : Avant de faire la coupe, vous devez passer en revue les conseils de sécurité les plus importants. Prenez note que cette information sera vue plus en détails plus loin dans le cours, avant que les étudiants ne procèdent à une coupe en solo.



Diapo 7: La sécurité pour les observateurs

- **Vapeurs toxiques** – Le matériau pendant la coupe peut être une source de vapeurs toxiques ou de gaz appauvrissant l'oxygène. Les métaux pouvant relâcher des vapeurs toxiques sont, sans les nommer tous, l'acier inoxydable, l'acier au carbone, le zinc (galvanisé) et le cuivre. Les métaux peuvent aussi être enduits de substances, telles que le plomb, le cadmium ou le béryllium entre autres, pouvant relâcher des vapeurs toxiques .
- **Brûlures par l'arc plasma** – L'arc plasma se forme instantanément lorsque la gâchette de la torche est activée et coupera rapidement à travers les gants et la peau. Restez à bonne distance de l'extrémité de la torche et de la trajectoire de coupage ; de même, ne pointez jamais la torche vers autrui ou vous-mêmes.
- **Protection des yeux et de la peau** – Le rayonnement de l'arc plasma produit d'intenses rayons visibles et invisibles (ultraviolets et infrarouges) qui peuvent brûler les yeux et la peau. Utilisez une protection pour les yeux ayant la teinte de verre appropriée et portez des vêtements protecteurs, tels que gants à manchettes, souliers de sécurité, chapeau, vêtements ignifuges et pantalons sans coffres afin de prévenir l'entrée d'étincelles ou de scories. Enlevez toute matière combustible de vos poches avant de couper.
- **Stimulateur cardiaque et prothèses auditives** – Le bon fonctionnement des stimulateurs cardiaques ou des prothèses auditives peut être affecté par les champs magnétiques émanant de courants de haute intensité. Les porteurs de tels appareils devraient consulter un médecin avant de s'approcher de toute opération de coupage ou gougeage à l'arc plasma.

Consignes de sécurité pour l'instructeur/opérateur

- **Danger d'incendie** – Assurez-vous d'avoir un extincteur à proximité et de tenir toute matière inflammable éloignée d'au moins 35 pieds de l'aire de coupage.
- **Chocs électriques** – Toucher des pièces électriques actives peut causer un choc fatal ou de sévères brûlures. Utiliser un système plasma établit un circuit électrique entre la torche et la pièce de travail; la pièce de travail et tout ce qui touche cette pièce font partie du circuit électrique. Ne touchez jamais le corps de la torche, la pièce de travail ou l'eau dans une table à eau lorsque le système plasma est en opération. Portez des gants et des bottes isolées, de même que gardez votre corps et vos vêtements au sec..
- **Mise à la terre** – Attachez le câble de retour solidement à la pièce ou la table de travail en s'assurant d'un bon contact métal à métal. Ne connectez pas le câble à la partie qui tombera lorsque la coupe sera complétée.
- **Équipements de gaz comprimé** – N'utilisez que des bouteilles de gaz, régulateurs, tuyaux et raccords conçus spécifiquement pour cette application.
- **Bruit** – Sur certains grands systèmes plasma, l'exposition prolongée à de hauts niveaux de bruits peuvent endommager l'audition. Si nécessaire, portez des protecteurs auditifs en utilisant un système plasma et avertissez les personnes environnantes à propos du danger dû au bruit.

Seul le personnel formé et autorisé peut ouvrir ces appareils. Suivez toujours les instructions pour débrancher le courant avant d'inspecter ou de changer des pièces consommables de la torche.

Comment faire votre première coupe

Notes pour l'animateur : Assurez-vous que tous les bons intrants nécessaires (air, courant et mise à la terre) soient bien raccordés au système plasma. Fournissez des lunettes de protection à toutes les personnes dans la classe. Nous vous suggérons d'utiliser une pièce d'acier au carbone pour la démonstration de coupe. Citez la Fiche de préparation rapide pour les instructions sur la façon de régler et d'opérer le système plasma.

Démarche :

- Transportez le système plasma jusqu'à l'aire de coupage de l'atelier.
- Faites la démonstration des étapes de **Mise en marche de la machine** en référant à la Fiche de préparation rapide.
- Avec le groupe, faites une revue de la technique de coupe avec décrochage en faisant la démonstration de la vitesse de coupe et de l'angle de torche SANS couper réellement.
- Enfilez les équipements de protection individuelle (ÉPI) au complet et vérifiez que le système est prêt pour faire la coupe.
- Vérifiez que tous portent leurs lunettes de protection avant que le coupage ne commence. Faites un rappel à la classe à propos de la sécurité en tant qu'observateur (distance par rapport aux étincelles, garder la protection pour les yeux pour toute la durée de la coupe, etc.).
- La classe observe pendant que vous coupez.
- Après la coupe, arrêtez puis refaites une revue de la technique avec toute la classe.

Si le temps le permet, vous voudrez peut-être alors à ce point-ci permettre à un étudiant de la classe d'effectuer une coupe. Si vous le faites, assurez-vous que celui-ci porte les ÉPI au complet et respecte toutes les mesures de sécurité.

Need help? Avez-vous besoin d'aide?
¿Necesita ayuda?

First contact your distributor.

If you need additional assistance, you can contact Hypertherm Technical Service.

Contacter d'abord votre distributeur.

Pour toute aide supplémentaire, communiquez avec le service technique d'Hypertherm.

Primero contacte su distribuidor.

Si necesita más ayuda, puede ponerse en contacto con el Servicio Técnico de Hypertherm.

Hypertherm powermax:51

Hypertherm powermax:51

Quick Setup Card

Fiche de préparation rapide
Tarjeta de establecimiento rápida



Warning: Read the Operator Manual thoroughly. Follow the safety instructions.

Do not connect the power until indicated in Step 4.

The Operator Manual contains detailed information about your machine's features and important warnings about operation and maintenance safety.

This card gives you a brief overview of your system's setup requirements. It does not contain all the information needed to operate your machine safely and it is not a substitute for the Operator Manual.



Attention: Lire attentivement le manuel de l'opérateur.

Ne pas brancher tant que cela n'est pas indiqué à l'étape 4.

Le manuel de l'opérateur contient des renseignements détaillés sur les fonctions de votre système et des avertissements importants relatifs à la sécurité de fonctionnement de l'équipement.

Cette fiche donne une vue globale brève des exigences d'installation de votre système. Elle ne contient pas tous les renseignements nécessaires pour faire fonctionner votre machine en toute sécurité et elle ne remplace pas le manuel de l'opérateur.



Advertencia: Lea el Manual del Operario completamente.

Siga las instrucciones de seguridad.

No conecte a la potencia prima hasta lo indicado en el paso 4.

El Manual del Operario contiene información detallada acerca de las características de su sistema y advertencias importantes acerca de la seguridad de operación y mantenimiento.

Esta tarjeta da una visión total breve de los requisitos de establecimiento inicial de su sistema. No contiene toda la información necesaria para operar su máquina con seguridad y no es un sustituto para el Manual del Operario.

1 999 999 999



Quick Setup Card Fiche de préparation rapide Tarjeta de establecimiento rápido

806 100 - Revision 0

Hypertherm

Technical Service
technical.service@hypertherm.com

USA
800-443-6878 (USA only)
803-443-6441 Ext. 1770 TW
803-443-4809 Fax

Spain
35 11 5483 1037 TW
35 11 5483 0551 Fax

European Technical Support Organization
european@hypertherm.com

Germany
49 5181 58 2123 TW
49 5181 58 2134 Fax

Italy
39 02 725 46 314 TW
39 02 725 46 403 Fax

The Netherlands
00 800 49 72 7840 Toll free
31 185 598600 TW
31 185 598601 Fax

© Copyright 2004 Hypertherm, Inc. All rights reserved.
Hypertherm and Hypermax are trademarks of Hypertherm, Inc. and may be registered in the United States and/or other countries.

1 Check the contents Vérifier le contenu Verifique el contenido



Operator manual
Cet opérateur
Manual del Operario



Quick Setup Card
Cet établissement
Tarjeta de establecimiento rápida



Registration card
Cet établissement
Tarjeta de establecimiento rápida



Step 2/3
DVP d'installation
DVP de establecimiento rápida



Be with extra consumables
Être avec consommables
supplémentaires
Caja con consumables
adicionales

3. Steels step

Steels
Caja con aceros
el/los/los

2 Check the consumables Vérifier les consommables Verifique los consumables



Handle with care
Soyez à la main
uniquement.
Apretado a mano
solamente.

3 Connect the torch lead Connecter le faisceau de la torche Conectar el cable de la antorcha



1 999 999 999

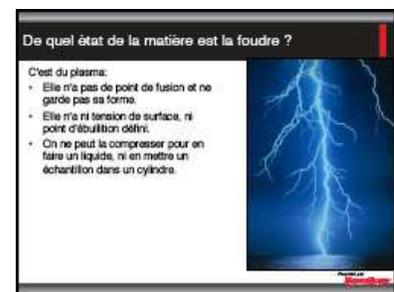
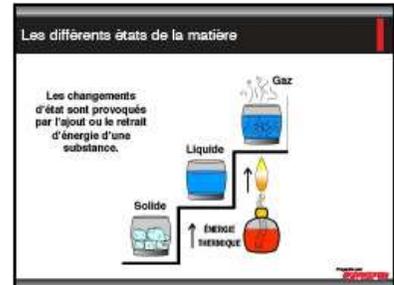
Qu'est-ce que le plasma?

Objectif : Faire un survol du plasma d'un point de vue scientifique pour transmettre les connaissances fondamentales nécessaires aux leçons à venir.

Temps : 10 minutes, incluant exercice et discussion.

Diapo 8: Le plasma est un état de la matière

- Les ingénieurs utilisent le terme « état » pour nommer la forme physique d'une substance. Des exemples courants « d'états » sont solide, liquide ou gazeux. Sous les conditions adéquates, tout élément ou composé chimique peut exister dans l'un de ces trois états.
- Lorsqu'une substance change d'état, sa composition chimique ne change pas, seule sa forme physique est changée.
- Un changement d'état est toujours causé par l'ajout ou le retrait d'énergie d'une substance. Ajouter de l'énergie thermique à une substance peut augmenter sa température et éventuellement provoquer un changement d'état.
- Si de l'énergie thermique est ajoutée à de la glace, sa température augmente et elle passe de l'état solide (glace) à l'état liquide (eau). Ajouter encore plus de chaleur transformera éventuellement ce liquide en gaz (vapeur).
- Pour la plupart des substances, les états de plus faible niveau d'énergie (solides) tendent à être plus rigides et denses que les états de niveau d'énergie plus élevés.



Diapo 9: Quel est l'état de la foudre?

- Montrez la photo de la foudre et demandez aux étudiants : dans quel état classeriez-vous la foudre ? *La réponse correcte sera : « aucun de ceux-ci », la foudre est une forme de plasma.*
- Discutez des réponses des étudiants dans le contexte des caractéristiques énumérées ci-après :
 - Le plasma ne peut être un solide car il n'a ni point de fusion, ni forme.
 - Le plasma ne peut être un liquide car il n'a ni tension de surface, ni point d'ébullition.
 - Reste un gaz ; mais contrairement aux gaz, on ne peut compresser la foudre ou une flamme pour en faire un liquide, ni mettre un échantillon de foudre ou de flamme pure dans un cylindre.

Diapo 10: Le plasma est le 4^e état de la matière.

- Les caractéristiques communes aux divers plasmas tels que la foudre sont : ils sont brillants (émettent de la lumière) et ils sont en général chauds (émettent de l'énergie thermique).
- Le plasma possède plus d'énergie qu'un gaz n'est capable d'en contenir. Les molécules dans le plasma se décomposent alors : elles sont dans un état excité au point de ne plus être un gaz.
- C'est pourquoi le plasma est appelé le « 4^e état de la matière. »

Exercice sur le plasma

Notes pour l'animateur : cet exercice invite les étudiants à identifier les exemples où le plasma se manifeste dans le monde qui les entoure en s'appuyant sur les caractéristiques discutées précédemment.

Revoquez avec les étudiants les points suivants :

- *Le plasma est une substance qui contient plus d'énergie en elle-même que ne peut en posséder un simple gaz.*
- *Les caractéristiques clés du plasma comprennent une grande luminosité et une grande chaleur, lorsqu'à la pression atmosphérique normale.*

Ensuite, distribuez l'exercice aux étudiants et demandez-leur de prendre quelques minutes pour le compléter. Ne laissez aux étudiants que 3 à 5 minutes seulement pour compléter l'exercice et ensuite entamez une discussion qui les amène aux bonnes réponses.

La page d'exercice avec les bonnes réponses est fournie à la page suivante. Les bonnes réponses sont également données ci-bas, accompagnées de notes pédagogiques plus élaborées.

Les substances qui SONT du plasma:

Étoiles	Une étoile est une boule de plasma maintenue ensemble par sa propre gravité.
Aurores polaires	Aussi connues sous le nom d'aurores boréales ou aurores australes, les aurores polaires sont un phénomène lumineux dans le ciel. Elles prennent naissance lorsque les vents solaires (qui sont un flot de particules chargées éjectées du Soleil) interagissent avec le champ magnétique entourant la Terre et frappent les molécules de gaz en haute atmosphère.
Foudre	Une arc électrique survient lorsque le nombre d'électrons et d'ions libres dans l'air augmente rapidement, amenant l'air à devenir un conducteur électrique. La foudre est le meilleur exemple d'un arc naturel ; les décharges d'électricité statique en sont un autre exemple.
Lampes au néon	Une lampe au néon est composée d'un tube de gaz néon au travers duquel un courant électrique sera dirigé. Le gaz ainsi excité donne un éclat orange-rouge.
Tubes fluorescents	Tubes dans lesquels un courant électrique circule au travers d'un gaz à partir du ballast, ce qui lui fait émettre une lumière ultraviolet qui à son tour excite un revêtement de phosphore placé à l'intérieur du tube. Le revêtement émet ensuite de la lumière visible.
Téléviseurs au plasma	Deux plaques de verre retiennent, prises en sandwich entre celles-ci, des milliers de cellules de gaz noble. Des électrodes encastrées permettent au gaz dans les cellules individuelles de s'ioniser, formant ainsi du plasma. La lumière ultraviolette émise par les petites cellules plasma excite un revêtement de phosphore qui ensuite s'illuminera en une combinaison contrôlée de rouges, de verts et de bleus pour produire l'image du téléviseur.

Les substances qui NE SONT PAS du plasma:

Vapeur	La vapeur est un gaz produit en chauffant de l'eau.
Poêles électriques	Les poêles électriques utilisent un élément chauffant électrique qui crée de la chaleur par l'entremise d'un fil de résistance.

DEL	Les DEL, ou diodes électroluminescentes, produisent de la <i>lumière</i> par électroluminescence ; lorsque le courant traverse le matériau, l'énergie est relâchée sous forme de lumière visible.
Ampoules ordinaires	Une ampoule à incandescence crée de la lumière en faisant passer un courant au travers d'un mince filament, le chauffant ainsi jusqu'à ce qu'il produise de la lumière visible.
Aérosols	Un jet aérosol survient lorsqu'un liquide sous pression est relâché dans l'atmosphère, où la plus faible pression permet au liquide de se pulvériser en de fines particules en suspension.
Fumée	La fumée est une vapeur provenant de produits de combustion contenant de fines particules de solides et de liquides.

Exercice sur le plasma

Encerclez les éléments du monde environnant qui contiennent du plasma.

Les étoiles

Les éléments dans un
four électrique

Les téléviseurs au plasma

Les aérosols

Les DEL

La foudre

La vapeur

Les tubes fluorescents

La fumée

Les lampes au néon

Les aurores boréales

Les ampoules ordinaires

Exercice sur le plasma

Encerclez les éléments du monde environnant qui contiennent du plasma.

Les étoiles

Les éléments dans un
four électrique

Les téléviseurs au plasma

Les aérosols

Les DEL

La foudre

La vapeur

Les tubes fluorescents

La fumée

Les lampes au néon

Les aurores boréales

Les ampoules ordinaires

Comment le plasma est-il créé dans un système plasma?

Objectif : Illustrer comment l'arc plasma se forme dans un système plasma.

Temps : 10 minutes

Notes pour l'animateur : Distribuez un jeu de pièces à chaque table en y incluant un corps de torche, une batterie et des fils. Les étudiants peuvent jeter un coup d'œil aux pièces pendant cette partie du cours.

Prenez note que cette section du jeu de diapositives comporte un lien vers une animation qui illustre comment l'arc plasma est formé. Vous pouvez mettre en pause l'animation pour expliquer chaque étape du procédé. Utilisez la barre de commandes de l'animation pour rythmer la présentation. Le script de narration est donné ci-après.



Diapo 11: Créer un arc plasma (animation)

Les torches plasma manuelles sont au départ alimentées en gaz et en courant par le bloc d'alimentation. Ensuite, elles contiennent une série de pièces consommables, comme celles présentées ici, qui servent à donner la forme à l'arc plasma et à la maintenir. Au repos, l'électrode et la buse sont en contact. Le gaz « souffle » l'électrode pour la repousser, créant ainsi un espacement dans le cheminement du courant. Les électrons sont alors éjectés de l'électrode et entrent en collision avec les molécules neutres du gaz. Chaque collision libère d'autres électrons et crée ainsi des molécules de gaz chargées positivement (des ions). Une colonne de collisions en cascade se crée ; cette colonne émet de l'énergie thermique (ou chaleur) et un rayonnement lumineux (ou lumière) : c'est le plasma. Le gaz tourbillonnant à l'intérieur de la torche positionne l'arc précisément au centre de l'électrode et le pousse à l'extérieur de la buse, où il pourra servir à couper ou gouger le métal.

Une découpeuse à l'arc plasma consiste en une torche et un bloc d'alimentation. Le bloc d'alimentation est très semblable à une batterie : il peut fournir un courant électrique en CC. Le « moyen de transport » de ce courant électrique est ce que l'on appelle les électrons et les électrons possèdent une charge négative. Les électrons vont donc cheminer de la borne négative en suivant le trajet jusqu'à la borne positive, formant ainsi un circuit.

Il y a deux pièces « consommables » raccordées au circuit : ce sont l'électrode et la buse.

« Consommables » signifie simplement que ces pièces sont peu à peu endommagées par le contact avec l'arc et la chaleur de l'arc plasma ; éventuellement, elles s'useront donc et auront à être remplacées. Les autres pièces consommables sur une torche sont entre autres le diffuseur, la buse de protection et le blindage. Les consommables contrôlent la grandeur et la forme de l'arc plasma ; ces jeux de pièces peuvent être optimisés pour des utilisations spécifiques ou pour mettre l'accent sur une qualité en particulier telle que la vitesse de coupe ou la qualité de coupe. Quelques jeux de consommables sont conçus pour couper le métal mince dans le cadre d'un projet artistique. Ces consommables sont utilisés avec un retrait minimal et font en coupant une saignée très étroite. D'autres types de consommables sont conçus pour le gougeage ou pour faire des coupes rapides dans des matériaux plus épais : ces jeux créent un arc plus grand et plus large.

Dans une découpeuse à l'arc plasma, la torche est raccordée au circuit avec l'électrode reliée à la borne négative et la buse, à la borne positive. Lorsque l'électrode et la buse sont conducteurs et se touchent l'une l'autre, le courant circule à travers celles-ci sans entraves : il faut donc créer un espacement dans le circuit de manière à amorcer un arc électrique. Le bloc d'alimentation de la découpeuse à l'arc plasma fournit le gaz de procédé (habituellement de l'air comprimé sur les systèmes manuels) à la

torche. L'une des façons de créer un arc électrique consiste à utiliser la pression du gaz de procédé pour séparer l'électrode et la buse l'une de l'autre. Amorcer une torche de coupage à l'arc plasma en séparant une électrode et une buse court-circuitées pour former l'arc est appelé « amorçage par contact » parce que l'électrode et la buse sont en contact l'une et l'autre au départ.

Lorsque l'électrode et la buse se séparent tout en véhiculant déjà du courant, l'électrode émet un flux d'électrons à partir de son embout en hafnium. Au fur et à mesure que les électrons accélèrent dans l'espace, ils entrent en collision avec les molécules neutres du gaz avec assez de force pour libérer encore plus d'électrons. Alors, les électrons ainsi libres sont ré-accélérés vers la buse par le champ électrique tandis que les ions positifs sont accélérés vers l'électrode rendant encore plus de collisions possibles. Toutes ces collisions créent de plus en plus d'ions positifs et d'ions négatifs libres.

Une colonne de collisions en cascade se forme ; cela crée de l'énergie thermique et un rayonnement lumineux – c'est le plasma – qui résultent en la formation d'une étincelle. Cette étincelle est similaire à celle créée en retirant la fiche du grille-pain de la prise murale pendant qu'il fonctionne. La différence est que l'étincelle de la fiche du grille-pain est éphémère tandis que le bloc d'alimentation du système plasma est conçu, quant à lui, pour alimenter l'étincelle avec du courant, transformant instantanément alors l'étincelle en arc. L'arc qui se forme ainsi entre l'électrode et la buse se nomme « l'arc pilote ». Le gaz provenant du bloc d'alimentation est alors utilisé pour pousser l'arc hors de l'orifice de la buse.

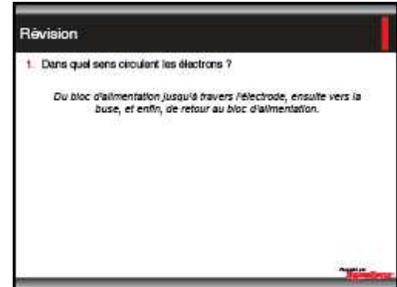
Une fois l'arc pilote établi, il faut faire entrer la pièce à tailler dans le circuit. L'étape cruciale ici est de convertir l'arc pilote (entre l'électrode et la buse) en « arc transféré », c'est à dire entre l'électrode et la pièce à tailler. Au fur et à mesure que la torche approche la pièce à couper et que l'arc pilote établit peu à peu un contact avec la plaque, la buse et la pièce commencent à se partager le courant du plasma. Le bloc d'alimentation force alors tout le courant à passer par la pièce. Le bloc d'alimentation augmente ensuite le courant au niveau nécessaire pour que la coupe comme telle du métal débute.

Diapos 12 à 16: Révision et discussion

Notes pour l'animateur : Révisez le processus de création de l'arc avec les étudiants en présentant des extraits de l'animation (dans les diapositives suivantes) et en demandant par la suite aux étudiants de répondre à quelques questions.

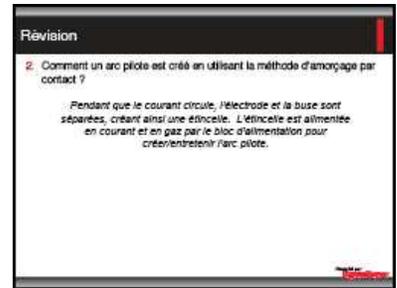
Diapo 12: Dans quel sens circulent les électrons ?

Du bloc d'alimentation jusqu'à travers l'électrode, ensuite vers la buse et enfin de retour au bloc d'alimentation.



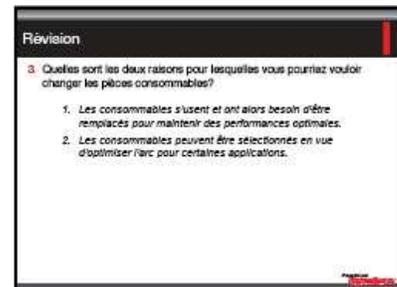
Diapo 13: Comment un arc pilote est créé en utilisant la méthode d'amorçage par contact ?

Pendant que le courant circule, l'électrode et la buse sont séparées, créant ainsi une étincelle. L'étincelle est alimentée en courant et en gaz par le bloc d'alimentation pour créer/entretenir l'arc pilote.



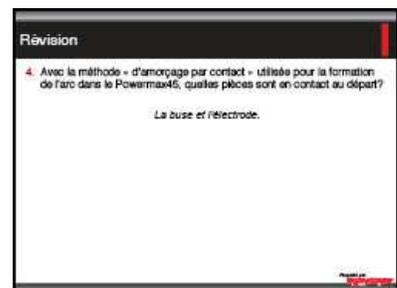
Diapo 14: Quelles sont les deux raisons pour lesquelles vous pourriez vouloir changer les pièces consommables ?

- 1. Les consommables s'usent et ont alors besoin d'être remplacés pour maintenir des performances optimales.*
- 2. Les consommables peuvent être sélectionnés en vue d'optimiser l'arc pour certaines applications.*



Diapo 15: Avec la méthode « d'amorçage par contact » utilisée pour la formation de l'arc dans le Powermax45, quelles pièces sont en contact au départ ?

La buse et l'électrode.



Diapo 16: Qu'est-ce qui limite la longueur de l'arc pilote ?

Le niveau de tension (« voltage ») que le bloc d'alimentation peut fournir.



Historique des systèmes plasma

Objectif : Donner un aperçu de l'histoire du coupage au plasma.

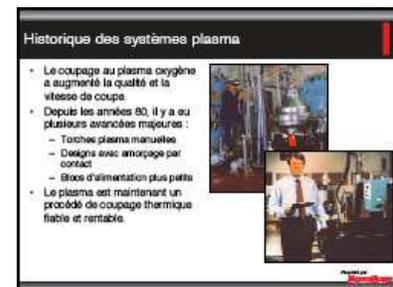
Temps : 5 minutes

Notes pour l'animateur : Utilisez le compte rendu écrit ci-après pour vous familiariser davantage à propos de l'histoire du plasma, et ensuite utilisez les diapositives PowerPoint pour couvrir les concepts clés. Bien que vous pouvez peut-être choisir de survoler rapidement cette section, il est important que les étudiants comprennent bien les origines de cette technologie.



Diapos 17 et 18: Historique des systèmes plasma

Le coupage au plasma a été développé au milieu des années 50 par un ingénieur de développement d'Union Carbide nommé Bob Gage. Union Carbide avait conçu une torche de soudage TIG hélium appelée Heliarc pour le soudage de l'acier inoxydable et d'alliages exotiques. Gage comprima l'arc de soudage avec une buse et augmenta le flux de gaz. En faisant cela, il créa assez d'élan pour le gaz et de chaleur pour que l'arc puisse couper au travers du matériau. Gage obtint alors un brevet pour le coupage à l'arc plasma en 1957. Au départ, le plasma était utilisé pour couper l'acier inoxydable, ce dernier ne pouvant être coupé à l'oxygaz. La qualité de coupe et la fiabilité des premiers systèmes plasma étaient médiocres ; de plus, à la fin des années 50 et début des années 60, ils ne répondaient qu'à un besoin très spécifique dans un marché relativement restreint. L'acier inoxydable n'était qu'une très petite partie de l'ensemble total de production d'acier dans le monde ; l'acier au carbone et les aciers spéciaux en constituaient plutôt la majeure partie. La plupart des clients donc n'achetaient de système de coupage plasma que par nécessité.



À la fin des années 60, plusieurs compagnies effectuaient des recherches sur le coupage au plasma. L'acier inoxydable n'était pas la seule avenue pour le coupage plasma : il présentait aussi un avantage marqué en terme de vitesse de coupe par rapport à l'oxygaz sur l'acier au carbone. La qualité de coupe du plasma sur l'acier au carbone n'était pas fameuse, mais si le plasma pouvait devenir une option viable pour la coupe de l'acier au carbone, le marché du plasma grandirait rapidement. Toutefois, les chercheurs se devaient de trouver une réponse à la question : pourquoi quelqu'un voudrait-il acheter un plasma à la place de l'oxygaz pour couper de l'acier au carbone ? La solution était donc de diriger les recherches sur l'amélioration de la qualité de coupe.

Un perfectionnement suivait l'autre. L'addition d'un gaz écran améliora la durée de vie des pièces consommables. Changer par la suite le gaz écran par un écran d'eau permit une durée de vie encore meilleure. L'utilisation de l'eau traça la route pour le coupage plasma à injection d'eau : faire tourbillonner l'écran d'eau améliora la vitesse de coupe, la qualité de coupe et la durée de vie des consommables. Bien qu'il y avait encore des défis importants vis à vis la formation de scories, il devenait clair que le plasma deviendrait une alternative à l'oxygaz pour couper de l'acier au carbone.

Le défi suivant consistait à pouvoir faire, de manière systématique, des coupes de haute qualité à l'aide du plasma. Même jusque dans les années 70, les systèmes plasma étaient dispendieux, peu fiables et spécialisés en coupe d'acier inoxydable. Les consommables pouvant durer plus de 100 amorçages étaient rares. Les opérateurs n'étaient jamais certains de ce qui allait arriver au moment

d'appuyer sur le bouton de mise en marche. Les différences de composition du métal affectaient grandement la qualité de coupe. Les fabricants de systèmes plasma avaient besoin de trouver une méthode de coupage qui fonctionnait bien sur toutes les variétés d'acier au carbone.

La solution était le coupage au plasma oxygène, qui utilisait l'oxygène pour créer une réaction chimique additionnelle avec l'acier au carbone. La qualité de coupe s'améliora et les opérateurs étaient en mesure de faire des coupes ayant peu ou pas de scories. Il y avait toutefois un compromis à faire : l'oxygène produisait un arc plus chaud ce qui usait plus rapidement les consommables. Les acheteurs aimaient les vitesses de coupe plus rapides mais étaient frustrés par les pertes de temps de production causées les changements incessants de consommables. En 1983, ce problème fut réglé par l'injection d'eau qui refroidissait la buse et faisait durer les consommables plus longtemps.

Depuis les années 80, il y a eu plusieurs avancées importantes en technologie de coupage au plasma. Les torches plasma manuelles qui utilisaient l'air comme gaz de procédé rendait le plasma accessible aux ateliers qui n'avaient pas accès aux bouteilles de gaz. Peu après, le mécanisme d'amorçage des systèmes plasma manuels a été redessiné, supprimant le besoin de hautes fréquences pour l'amorçage. La nouvelle conception d'amorçage par contact permettait d'avoir de plus petites pièces dans l'appareil. Réduire le format et le nombre de pièces des blocs d'alimentation fit une différence énorme en terme de poids. En comparaison, un bloc d'alimentation pour le coupage manuel en 1985 pesait près de 400 livres : aujourd'hui, il y a des systèmes manuels qui ne pèsent que 20 livres seulement !

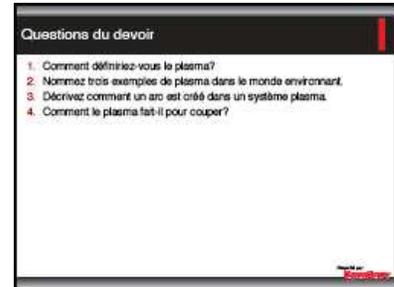
Il y a 25 ans, quelques personnes croyaient qu'il n'y aurait plus d'améliorations majeures à apporter au procédé de coupage plasma. Maintenant, plus de 50 ans après sa conception initiale, nous savons que les fabricants de plasma ne sont pas près d'épuiser les capacités du plasma. Pendant qu'il n'y a eu aucun développement technologique notable dans le champ du coupage oxygaz depuis plusieurs années, le coupage plasma continue de poursuivre son envolée. Les dernières 10 années seulement ont été témoin d'avancées rapides dans la qualité de coupe, la durée de vie des consommables et la polyvalence du plasma. Le plasma est maintenant un procédé de coupage thermique fiable et rentable. Et, les recherches actuelles donnent à penser que les capacités du plasma s'amélioreront encore davantage.

Synthèse

Objectif : Récapitulation et révision de la leçon

Temps : 5 minutes

Notes pour l'animateur : Le devoir présenté à la page suivante permettra aux étudiants de mettre en pratique ce qu'ils ont appris durant la leçon. La clé de correction du devoir ainsi que certains éléments de révision sont donnés au début de la leçon suivante.



Diapo 19: Synthèse et survol des questions de révision

Cette diapositive présente les questions du devoir pour cette session. Si vous choisissez de ne pas donner le devoir, vous voudrez peut-être alors revoir rapidement ces questions à la fin du cours.

Si vous choisissez de donner le devoir, remettez la page de questions de révision et demandez aux étudiants de la compléter avant le début du cours suivant.

Technologie de coupage au plasma : théorie et pratique

Devoir #1 : Qu'est-ce que le plasma?

1. Comment définiriez-vous le plasma?

Les bonnes réponses peuvent être : le « 4^e état de la matière » ou « une substance ayant plus d'énergie que ce qu'un simple gaz ne peut en contenir. »

2. Nommez trois exemples de plasma dans le monde environnant :

Les réponses possibles peuvent être : les étoiles, les aurores polaires/boréales, l'électricité statique, la foudre, les lampes au néon, les tubes fluorescents et les téléviseurs au plasma.

3. Décrivez comment un arc est créé dans un système plasma :

Sous tension, l'électrode émet un flux d'électrons à partir de son embout en hafnium, permettant ainsi au courant de circuler à travers l'espacement entre l'électrode et la buse. Au fur et à mesure que les électrons accélèrent dans l'espacement, ils frappent des molécules de gaz neutres avec assez de force pour libérer encore plus d'électrons. Alors les électrons libres sont ré-accélérés vers la buse par le champ électrique, rendant possible encore plus de collisions. Ces collisions créent de plus en plus d'ions positifs et d'ions négatifs libres. Une cascade est créée, et deviendra un arc plasma.

4. Comment le plasma fait-il pour couper?

La chaleur de l'arc plasma peut atteindre plus de 20 000° C, ce qui fait fondre la pièce de métal. La grande vitesse du flux de gaz chasse le matériel en fusion du fond de la saignée pendant la coupe.

Technologie de coupage au plasma : théorie et pratique

Devoir #1 : Qu'est-ce que le plasma?

1. Comment définiriez-vous le plasma?

2. Nommez trois exemples de plasma dans le monde environnant :

3. Décrivez comment un arc est créé dans un système plasma :

4. Comment le plasma fait-il pour couper?

Session 2: L'utilisation des systèmes plasma en industrie

Cette session donne des renseignements sur les différents usages industriels des systèmes plasma avec, entre autres, un survol des applications courantes, les différents types de systèmes de coupage disponibles (avec une discussion sur les avantages et inconvénients de chacun), une explication sur la façon de calculer les coûts et bénéfices ainsi qu'un exercice portant sur une étude de cas.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction/Révision	5 minutes
Les usages appropriés pour le coupage plasma	10 minutes
Comparaison des types de coupage mécanisé	10 minutes
Analyse coût/bénéfice (incluant discussion et étude de cas).....	25 minutes
Temps total :	50 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

1. Téléchargez les diapositives PowerPoint dans le bon ordinateur pour la projection ; ensuite, vérifiez que les images projetées soient visibles par tous les étudiants dans la classe.
2. Faites une copie de l'exercice « Le pour et le contre » pour chacun des étudiants de la classe.
3. Faites une copie de l'étude de cas portant sur le calcul de coûts de main d'œuvre pour chacun des étudiants de la classe.
4. Faites une copie du devoir pour chacun des étudiants de la classe.

Introduction

Objectif : Faire la révision du contenu de la leçon précédente et consolider la matière apprise.

Temps : 5 minutes

Les questions du devoir de la session 1, ainsi que les bonnes réponses, sont données ci-après :



1. Comment définiriez-vous le plasma?

Les bonnes réponses peuvent être : le « 4e état de la matière » ou « une substance ayant plus d'énergie que ce qu'un simple gaz ne peut en contenir. »

2. Nommez trois exemples de plasma dans le monde environnant :

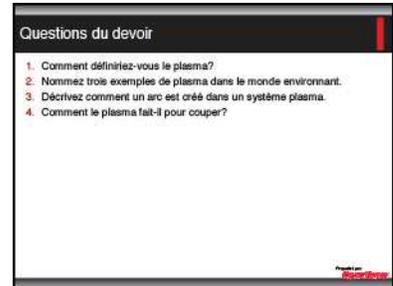
Les réponses possibles : les étoiles, les aurores boréales ou polaires, l'électricité statique, la foudre, les lampes au néon, les tubes fluorescents et les téléviseurs au plasma.

3. Décrivez comment un arc est créé dans un système plasma :

Sous tension, l'électrode émet un flux d'électrons à partir de son embout en hafnium, permettant ainsi au courant de circuler à travers l'espacement entre l'électrode et la buse. Au fur et à mesure que les électrons accélèrent dans l'espacement, ils frappent des molécules de gaz neutres avec assez de force pour libérer encore plus d'électrons. Alors les électrons libres sont ré-accélérés vers la buse par le champ électrique, rendant possible encore plus de collisions. Ces collisions créent de plus en plus d'ions positifs et d'ions négatifs libres. Une cascade est créée, résultant ainsi en un arc plasma.

4. Comment le plasma fait-il pour couper?

La chaleur de l'arc plasma peut atteindre plus de 20 000° C, ce qui fait fondre la pièce de métal. La grande vélocité du flux de gaz chasse le matériel en fusion du fond de la saignée pendant la coupe.



Les usages appropriés pour le coupage plasma

Objectif : Faire un survol des usages et des industries dans lesquels les systèmes plasma sont utilisés.

Temps : 10 minutes

Diapo 2: Quels matériaux et quelles épaisseurs conviennent le mieux au coupage plasma?

- Tous les métaux électriquement conducteurs : plus couramment l'acier au carbone, l'acier inoxydable et l'aluminium.
- Les systèmes plasma manuels peuvent couper des matériaux allant de très minces jusqu'à 2" (50.8mm) d'épaisseur, en fonction de leur capacité.
- Les systèmes plasma mécanisés à haute intensité sont capables de couper des matériaux dépassant 6" (15cm) d'épaisseur.

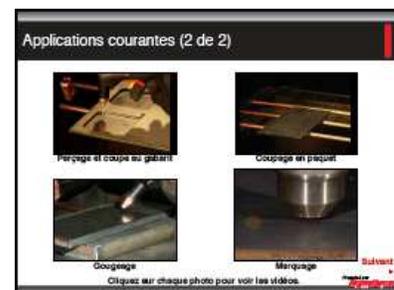
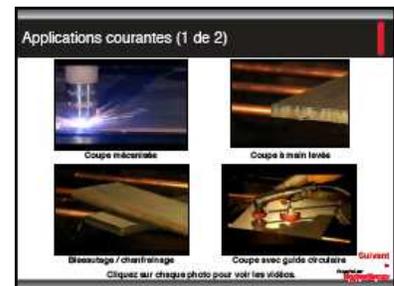
Le plasma peut couper des métaux sales, peints ou rouillés sans « travaux préliminaires », c'est à dire sans préparation de la pièce à tailler préalablement à toute coupe à effectuer. D'autres méthodes de coupage nécessitent souvent des travaux préliminaires, mais avec le plasma, tout ce dont vous avez besoin est un bon contact pour la mise à la terre. Les formes typiques des matériaux travaillés en coupage au plasma sont :

- Les plaques
- Les tôles et feuilles de métal
- Les tuyaux
- Le métal déployé (grilles)

Diapos 3 et 4: Applications courantes

Ces diapositives montrent des vidéos de différents types de coupage. Cliquez sur chaque photo pour démarrer la vidéo ; les descriptions de chaque type de coupe sont indiquées ci-dessous.

- Coupage – coupage classique au travers d'une pièce conductrice avec une torche manuelle ou une torche machine (automatisée).
 - Coupage en paquet – couper au travers de plusieurs plaques empilées l'une sur l'autre.
 - Coupage au gabarit – couper une pièce avec une forme ou un gabarit pour se guider.
 - Biseautage/Chanfreinage – une technique de coupage qui produit un angle sur le bord du matériau coupé (pour joindre des bouts de tuyaux, par exemple).
- Perçage – Amorcer une coupe en plongeant l'arc dans la pièce à tailler pour la traverser (au lieu d'amorcer la coupe à partir du bord de la pièce).
- Gougeage – Enlever du métal de la surface sans sectionner la pièce en deux (pour préparer la pièce pour la soudure ou pour enlever une vieille soudure, par exemple).
- Marquage – un procédé à faible intensité de courant utilisé habituellement pour inscrire des numéros de pièce ou des mots sur une pièce en enlevant une mince couche de cette pièce.



Diapo 5: Types d'industries utilisant des systèmes plasma manuels.

Notes pour l'animateur: Demandez aux étudiants des exemples d'industries ou d'applications où un système plasma manuel pourrait servir.

Voici quelques usages courants pour les systèmes plasma manuels :

- Fabrication générale (chaudières sous pression, etc.) et usinage (équipements de transformation alimentaire, routiers, fabrication de panneaux ou de réservoirs).
- Maintenance d'installations et d'équipements : entretien ferroviaire, entretien de scierie, etc.
- Construction d'édifices à charpente métallique : armature de murs et plafonds, fabrication de fermes de toit et de plancher, installation de toitures, de parements et de pontages .
- Construction navale
- Fabrication et réparation de conteneurs
- Énergie : pétrole et gaz, forages en mer, pipelines.
- Réparation et restauration de véhicules : remplacement de panneaux de plancher ou de carrosserie, réparation système d'échappement, réparation de châssis, enlèvement de supports.
- CVCA / entrepreneurs en mécanique : fabrication et altération de conduits et de supports.
- Réparation d'équipements agricoles : enlever les panneaux rouillés, chanfreiner, gouger de vieilles soudures pour le remplacement, fabrication avec métal déployé.
- Fabrication d'ornements en métal : coupage, perçage et gougeage de formes irrégulières, travailler avec l'aluminium, fabrication ornementale.



Diapo 6: Types d'industries utilisant des systèmes plasma mécanisés.

Notes pour l'animateur : Rappelez aux étudiants que les systèmes mécanisés sont capables de couper une plus grande gamme d'épaisseurs parce que leur gamme d'intensité de courant peut aller de moins de 45A à plus de 400A. Les plasmas mécanisés sont parfaits pour les travaux nécessitant de hauts niveaux de précision et de répétabilité. La plupart de ceux-ci sont employés sur une table XY, une découpeuse sur rails ou un robot commandé par CNC pour de plus grandes précision et efficacité.

Demandez aux étudiants de donner des exemples d'applications pour les systèmes mécanisés. Voici quelques secteurs utilisant couramment les systèmes plasma mécanisés :

- Centres de services pour l'acier
- Ateliers d'usinage (ateliers de fabrication)
- Manufacturiers industriels : équipements lourds, agricoles, de construction
- Transports : wagons, remorques
- Fabricants de véhicules : panneaux, pièces de châssis
- Construction navale : panneaux ou supports en acier robuste
- Industrie minière
- Industrie éolienne
- Défense : nucléaire, sous-marins

Diapos 7 à 9: Révision et discussion

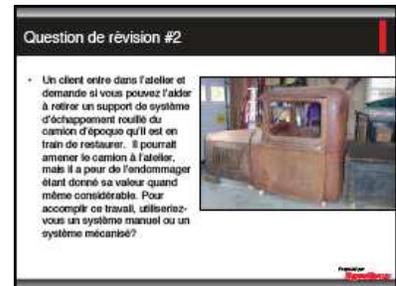
Notes pour l'animateur : Les diapositives suivantes contiennent trois scénarios d'affaires différents. Présentez chaque scénario et demandez aux étudiants d'évaluer les exigences des projets reçus de différents clients et ensuite de décider s'il faut utiliser un système plasma manuel ou mécanisé pour accomplir le travail. Pour chaque question, demandez à un étudiant de vous expliquer à vous (le « patron ») les raisons de leur choix. Les bonnes réponses sont indiquées ci-bas.

Diapo 7: Question de révision #1

Un fabricant d'équipements médicaux de votre région a appelé pour voir si vous seriez en mesure de produire un jeu de 50 pièces, coupées selon une forme suivant des exigences spécifiques. Les plaques doivent être d'acier au carbone 1" (25mm). Comment le feriez-vous ?

Bonne réponse :

Il faut utiliser un système mécanisé en raison de la précision et de la répétabilité demandées.



Diapo 8: Question de révision #2

Un client entre dans l'atelier et demande si vous pouvez l'aider à retirer un support de système d'échappement rouillé du camion d'époque qu'il est en train de restaurer. Il pourrait amener le camion à l'atelier, mais il a peur de l'endommager étant donné sa valeur quand même considérable. Comment le feriez-vous ?

Bonne réponse :

Il faut utiliser un système manuel parce qu'un camion ne peut être monté sur un système mécanisé.



Diapo 9: Question de révision #3

Un important constructeur naval a demandé à votre entreprise de chanfreiner 17 tuyaux d'acier inoxydable en préparation de leur soudage à un système sous pression. Comment le feriez-vous ?

Bonne réponse :

Il faut utiliser un système mécanisé en raison de la précision et de la répétabilité demandées.

Comparaison des types de coupage mécanisé

Objectif : Comparer les systèmes de coupage oxygaz, plasma et laser.

Temps : 10 minutes

Dire à la classe : Il existe plusieurs types de coupage distincts tels que le plasma, l'oxygaz, le laser, le jet d'eau haute pression et la scie. Pour un taux de rendement élevé et un grand volume de production de pièces ayant une forme particulière, les trois types les plus courants sont le plasma, l'oxygaz et le laser.

Il est important de noter que tous ces systèmes ne sont pas nécessairement équivalents, notamment en ce qui concerne le laser et le plasma. D'un fabricant à l'autre, il existe une grande variation dans les capacités et les vitesses de coupe. Les comparaisons présentées au cours de cette leçon sont générales et ne sont utilisées que pour illustrer les avantages et inconvénients de base de chaque système : elles ne font référence à aucun fabricant ou à aucun modèle d'appareil en particulier.

Diapo 10: Comparaison des types de coupage mécanisé

Il y a trois principaux types de découpeuse mécanisée :

- Oxygaz
- Plasma
- Laser

Diapo 11: L'oxygaz

- Les découpeuses à l'oxygaz utilisent une chaleur générée chimiquement pour accroître la température de la pièce à tailler.
- L'oxygène se combine avec le métal chauffé au rouge, brûlant ainsi le métal et le transformant en scories d'oxyde.
- Les opérateurs doivent régler les gaz à chaque coupe.

Diapo 12: Le plasma

- Les systèmes plasma utilisent un arc plasma de haute énergie pour sectionner les matériaux conducteurs.
- Les pièces consommables maintenues ensemble par la torche servent à comprimer et à diriger l'arc, ce qui maximise son efficacité à couper le métal.
- Les systèmes plasma utilisent l'arc et l'écoulement de gaz, qui donne la forme à l'arc, pour faire fondre le matériau et ensuite chasser cette matière en fusion hors de l'arête de coupe.

Diapo 13: Le laser

- Les lasers transmettent l'énergie sous forme de photons cohérents. Les lasers à haute intensité transmettent assez d'énergie pour couper des métaux non réfléchissants.
- Le matériau fond, brûle ou se vaporise et est chassé ensuite par un jet de gaz, laissant ainsi une arête ayant un fini de surface de grande qualité.
- L'énergie très focalisée d'un laser peut réaliser des saignées très étroites, particulièrement sur les matériaux minces.



Diapo 14: Évaluer les différentes solutions de coupage

Notes pour l'animateur : Le tableau de comparaison inséré dans le jeu de diapos PowerPoint se complétera d'une diapo à l'autre. À mesure que vous avancez, comparez les différentes solutions de concert avec la classe. La première diapo ne montre que les critères pour l'évaluation, vous laissant ainsi le temps d'élaborer sur ce que chaque critère signifie avant d'entrer dans les détails de chaque système.

Lorsque l'on a un choix de solutions de coupage à faire, il faut considérer plusieurs facteurs, tels que :

- La vitesse de coupe – Quelle est la rapidité du système de coupage actuel ?
- La qualité de coupe – Combien lisse et droite est la coupe une fois terminée ?
- Les travaux préliminaires – Combien de nettoyage et autres travaux préliminaires sont nécessaires avant que le matériau puisse être coupé ?
- Les travaux secondaires – Quel sont les travaux requis une fois la coupe effectuée et combien de temps ceci nécessite-t-il ?
- La polyvalence – Est-ce que la découpeuse peut s'adapter à différents types de matériaux, de coupes et d'épaisseurs ?
- L'entretien – Quelle est la difficulté d'entretenir ou réparer le système et est-ce que les opérateurs peuvent le faire à l'interne ?
- Le coût – Combien coûtent la découpeuse et les consommables ?

	Laser	Oxygaz	Plasma
Vitesse de coupe			
Qualité de coupe			
Travaux préliminaires			
Travaux secondaires			
Polyvalence			
Entretien			
Coût			

	Laser	Oxygaz	Plasma
Vitesse de coupe	Rapide sur les matériaux minces, lente sur les matériaux épais.		
Qualité de coupe	Excellente angularité, petite zone affectée par la chaleur, pratiquement sans scories et une précision dimensionnelle bonne à excellente avec la saignée la plus étroite.		
Travaux préliminaires	Le matériau doit être propre.		
Travaux secondaires	Peu à pas du tout.		
Polyvalence	Peu de systèmes manuels.		
Entretien	Complexité, souvent des techniciens spécialisés.		
Coût	Le plus élevé.		

Diapo 15: Évaluer les solutions de coupage – Le laser

- Vitesse de coupe : très rapide sur les matériaux minces et plus lente sur les matériaux plus épais ; les temps de perçage sont plus longs sur les matériaux épais.
- Qualité de coupe : Excellente angularité, une petite zone affectée par la chaleur, pratiquement sans scories et une précision dimensionnelle bonne à excellente avec la saignée la plus étroite.
- Travaux préliminaires : le matériau doit être propre pour que le laser fonctionne.
- Travaux secondaires : peu à pas du tout.
- Polyvalence : Les plus: Le laser est le meilleur pour couper l'acier au carbone mince. Le laser peut faire des « coupes avec ligne commune », c'est à dire qu'il peut réaliser des coupes finales des deux côtés en une seule coupe. Ceci réduit/élimine les « squelettes », qui sont les morceaux jetés de la feuille de métal une fois la pièce taillée dans celle-ci. Les moins : Il n'y a pas de système laser manuel, ce qui veut dire que la pièce à tailler doit tenir sur une table pour être coupée. Couper des matériaux réfléchissants (aluminium) nécessite des travaux préliminaires afin de couvrir la surface de ces matériaux.
- Entretien : Les tâches d'entretien sont complexes et requièrent des techniciens spécialisés.
- Coût : Le laser a le coût initial le plus élevé des trois modes de coupage : il existe des systèmes laser coûtant plus de 1M\$.

Diapo 16: Évaluer les solutions de coupage – L’oxygaz

- Vitesse de coupe : Des vitesses de coupe lentes sur une grande plage d’épaisseurs (plus rapide que les autres systèmes sur l’acier au carbone très épais (3” ou 7.5cm et +) ; le temps de préchauffage augmente considérablement les temps de perçage, ce qui réduit la vitesse de coupe globale.
- Qualité de coupe : Bonne angularité, de grandes zones affectées par la chaleur, du gauchissement sur les tôles minces, les niveaux de scories entraînent des travaux secondaires.
- Travaux préliminaires : Les découpeuses à l’oxygaz doivent préchauffer la pièce à travailler préalablement au coupage. La surface de coupe doit être exempte de rouille/saletés/peinture préalablement au coupage. L’opérateur doit régler l’écoulement de gaz pour chaque torche et les tables à oxygaz utilisent souvent plusieurs torches afin de compenser pour les vitesses de coupe plus lentes.
- Travaux secondaires : Les opérateurs peuvent devoir meuler la zone affectée par la chaleur, qui est plus importante comparativement aux autres systèmes ; ce processus peut être long et difficile.
- Polyvalence : L’oxygaz est restreint à l’acier au carbone et est inefficace sur l’acier inoxydable ou l’aluminium.
- Entretien : Les exigences d’entretien sont simples et peuvent souvent être accomplies par les groupes internes de maintenance.
- Coût : L’oxygaz a le coût initial le moins élevé des trois modes de coupage.

	Laser	Oxygaz	Plasma
Vitesse de coupe	Rapide sur les matériaux minces Temps de perçage plus long	Lente sur la plupart des matériaux Plus rapide sur les matériaux 10"	
Qualité de coupe	Bonne angularité Fuite des éclats sur le matériau Préchauffage sans scories Bonne production d'écoulements Le gauchissement est élevé	Bonne angularité Léger gauchissement sur les tôles Préchauffage sur les minces Les scories entraînent des travaux secondaires	
Travaux préliminaires	Les matériaux doivent être propres	Les matériaux doivent être propres	
Travaux secondaires	Peu ou pas de travail	Zone affectée par la chaleur et entree	
Polyvalence	Peu de systèmes variés	Limité à l'acier au carbone	
Entretien	Complexes, requiert des techniciens qualifiés	Simple	
Coût	Le plus élevé	Le moins élevé	

	Laser	Oxygaz	Plasma
Vitesse de coupe	Rapide sur les matériaux minces et Temps de perçage plus long	Lente sur la plupart des matériaux Plus rapide sur les matériaux 10"	Rapide sur une vaste gamme d'épaisseurs
Qualité de coupe	Bonne angularité Fuite des éclats sur le matériau Préchauffage sans scories Bonne production d'écoulements Le gauchissement est élevé	Bonne angularité Léger gauchissement sur les tôles Préchauffage sur les minces Les scories entraînent des travaux secondaires	Angulaire de bonne à excellente Fuite des éclats sur le matériau Préchauffage sans scories Travaux secondaires très faibles
Travaux préliminaires	Les matériaux doivent être propres	Les matériaux doivent être propres	Peu ou pas de travail Les matériaux peuvent être sales
Travaux secondaires	Peu ou pas de travail	Zone affectée par la chaleur et entree	Peu ou pas de travail
Polyvalence	Peu de systèmes variés	Limité à l'acier au carbone	Coupe une vaste gamme d'épaisseurs et de types
Entretien	Complexes, requiert des techniciens qualifiés	Simple	Moyen
Coût	Le plus élevé	Le moins élevé	Intermédiaire

Diapo 17: Évaluer les solutions de coupage – Le plasma

- Vitesse de coupe : Rapide sur une grande plage d’épaisseurs.
- Qualité de coupe : l’angularité est bonne à excellente, de petites zones affectées par la chaleur, pratiquement sans scories et le coupage de détails fins est bon à excellent.
- Travaux préliminaires : Peu ou pas de travaux nécessaires. Tolère la présence de peinture, rouille, saletés ou huile sur la pièce à travailler.
- Travaux secondaires : Peu ou pas de meulage ; nettement moins que l’oxygaz.
- Polyvalence : Coupe une grande diversité d’épaisseurs et de types de matériaux.
- Entretien : Les exigences d’entretien sont modérées ; plusieurs composants peuvent être remis en état par les groupes internes de maintenance.
- Coût : Le coût initial se situe normalement entre ceux de l’oxygaz et du laser, allant de 2 000\$ jusqu’à 55 000\$.

Exercice « Le pour et le contre »

Diapo 18: Exercice « Le pour et le contre »

Notes pour l'animateur : Affichez le tableau en blanc ; il correspond à celui qui se trouve dans le manuel de l'étudiant (reproduit à la page suivante). Demandez aux étudiants de faire des équipes de deux et de compléter ensuite le tableau en inscrivant pour chacun des critères « 1 » pour le meilleur choix, « 2 » pour le choix moyen et « 3 » pour le pire choix. Une fois complété, le tableau ressemblera à ceci.

	Laser	Oxygaz	Plasma
Vitesse de coupe:	2	3	1
Qualité de coupe:	1	3	2
Travaux prélim.:	3	2	1
Travaux second.:	2	3	1
Polyvalence:	3	2	1
Entretien:	3	1	2
Coût initial:	3	1	2

	Laser	Oxygaz	Plasma
Vitesse de coupe	2	3	1
Qualité de coupe	1	3	2
Travaux préliminaires	3	2	1
Travaux secondaires	2	3	1
Polyvalence	3	2	1
Entretien	3	1	2
Coût	3	1	2



Discutez du tableau avec la classe en affichant les bonnes réponses à l'écran. Lorsque nécessaire, révisez les notions transmises précédemment pour vous assurer que les étudiants comprennent bien et qu'ils pourront se souvenir ultérieurement du pour et du contre de chaque méthode de coupage.

Si certains étudiants ont des réponses qui diffèrent de celles données ci-haut, il y a peut-être une justification à cela. Par exemple, la vitesse de coupe dépend de l'épaisseur de matériau, alors un étudiant aurait pu choisir n'importe laquelle des trois options comme avantageuse pour une épaisseur précise. Utilisez les différences par rapport aux réponses données ci-haut pour approfondir la discussion.

Diapo 19: Récapitulation de l'exercice « Le pour et le contre »

Cette diapo présente une récapitulation des pour et des contre de chaque méthode de coupage. Voici quelques points clés à discuter ici :

- L'oxygaz a un faible coût initial, mais il est limité à l'acier au carbone et est inefficace sur l'acier inoxydable ou l'aluminium.
- Le plasma offre l'équilibre optimal de qualité de coupe, productivité et coût d'opération pour l'acier au carbone, l'acier inoxydable et l'aluminium, et ce, sur une grande plage d'épaisseurs à un investissement et un coût en équipements concurrentiels.
- Le laser procure d'excellentes qualité de coupe et productivité sur les matériaux minces. La technologie laser nécessite un fort investissement en équipements et engage des coûts élevés d'entretien et d'opération ; un grand volume d'affaires est donc nécessaire pour rentabiliser le coût du système.

Exercice « Le pour et le contre »

Dans le tableau suivant, pour chacun des critères de gauche, classez de 1 à 3 les technologies de coupage, où 1 représente le meilleur choix, 2 le choix moyen et 3 le pire.

	Plasma	Oxygaz	Laser
Vitesse de coupe			
Qualité de coupe			
Travaux préliminaires			
Travaux secondaires			
Polyvalence			
Entretien			
Coût initial			

Analyse des coûts & bénéfices

Objectif : Présenter une analyse des coûts et bénéfices des systèmes de coupage courants.

Temps : 25 minutes

Diapo 20: Coûts de départ

Présentez les coûts de départ associés aux systèmes plasma :

- Le prix d'achat des systèmes plasma vont de moins de 2 000\$ pour une petite unité manuelle jusqu'à plus de 55 000\$ pour des systèmes mécanisés de précision.
- Les coûts de départ comportent aussi les frais de raccordement à l'électricité et au gaz.
- De plus, les accessoires, tels que les tables, la ventilation et la manutention des matériaux, doivent être pris en compte. Ces coûts peuvent évaluer ou même dépasser le prix du système selon les exigences relatives à celui-ci.



Diapo 21: Calculer les coûts d'opération

Le coût total pour faire fonctionner n'importe quel type de système de coupage (après le coût initial de l'équipement) se détaille en quatre principales catégories :

- Le courant pour faire fonctionner l'équipement (2%).
- Le gaz pour produire le plasma (4%).
- Les pièces de remplacement, incluant les consommables de la torche (6%).
- La main-d'œuvre nécessaire pour faire fonctionner et entretenir les équipements, effectuer les travaux préliminaires et compléter tous les travaux secondaires requis (88%).



Diapo 22: Coûts de main-d'œuvre

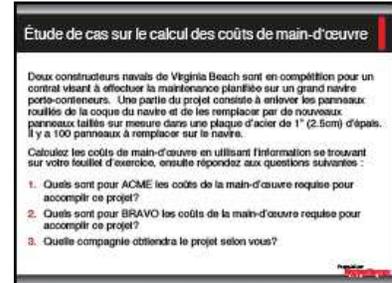
Maintenant qu'il est établi que la main-d'œuvre est de loin le plus important facteur dans le calcul des coûts d'opération, demandez aux étudiants d'énumérer les caractéristiques des systèmes plasma qui, selon eux, aident à réduire les temps de main-d'œuvre requis.

Voici quelques réponses possibles :

- De plus grandes vitesses de coupe réduisent les temps de coupage réel.
- Les travaux préliminaires sont minimaux, car le plasma peut couper des matériaux peints, sales, souillés d'huile ou rouillés. De plus, aucun préchauffage n'est nécessaire. Les temps de réglage sont plus courts parce qu'il n'est pas nécessaire de régler les gaz : l'opérateur peut utiliser des chartes pré-établies pour rapidement faire le réglage de l'écoulement de gaz.
- Les travaux secondaires sont minimaux. Après les coupes, il n'y a peu ou pas de meulage à faire car les zones affectées par la chaleur sont petites.
- La possibilité de couper différents types et épaisseurs de matériaux : l'opérateur peut utiliser le même système plasma pour différents usages.

Étude de cas sur le calcul des coûts de main-d'œuvre

Notes pour l'animateur : Cette activité amène les étudiants à faire les maths requises en vue de comparer les coûts de main-d'œuvre du plasma et de l'oxygaz. Distribuez le feuillet d'exercice et demandez aux étudiants d'effectuer les calculs requis pour répondre aux trois questions au bas de la page. Prenez note que vous aurez peut-être à guider vos étudiants en dirigeant en groupe les calculs avec eux.



Diapo 23:

Deux constructeurs navals de Virginia Beach sont en compétition pour un contrat visant à effectuer la maintenance planifiée sur un grand navire porte-conteneurs. Une partie du projet consiste à enlever les panneaux rouillés de la coque du navire et de les remplacer par de nouveaux panneaux taillés sur mesure dans une plaque d'acier de 1" (2.5cm) d'épais. Il y a 100 panneaux à remplacer sur le navire.

- ACME Incorporée utilise une découpeuse à l'oxygaz fiable qu'ils ont en atelier depuis plusieurs années. Leur coût de main-d'œuvre se situe à 100\$ de l'heure. Par expérience, ils prévoient que les tâches suivantes seront nécessaires pour compléter le projet :

Enlever les panneaux rouillés.....10 minutes par panneau
Couper de nouveaux panneaux dans l'acier 1" (2.5cm)25 minutes par panneau
Meuler les nouveaux panneaux avant le soudage 10 minutes par panneau
Souder les panneaux de remplacement..... 15 minutes par panneau

- Industrie BRAVO utilise une découpeuse au plasma. Leur coût de main-d'œuvre se situe à 100\$ de l'heure. Par expérience, ils prévoient que les tâches suivantes seront nécessaires pour compléter le projet :

Enlever les panneaux rouillés.....10 minutes par panneau
Couper de nouveaux panneaux dans l'acier 1" (2.5cm)..... 5 minutes par panneau
Souder les panneaux de remplacement..... 15 minutes par panneau

Calculez les coûts de la main-d'œuvre requise pour accomplir ce travail et ensuite répondez aux questions suivantes :

1. Quels sont pour ACME les coûts de la main-d'œuvre requise pour accomplir ce projet? **[10 000\$]**
2. Quels sont pour BRAVO les coûts de la main-d'œuvre requise pour accomplir ce projet? **[5 000\$]**
3. Quelle compagnie obtiendra le projet selon vous? **Industrie BRAVO**

Notes pour le formateur : Cet exemple démontre comment la vitesse et la qualité de coupe du plasma peuvent se traduire en profitabilité, et il ne porte que sur 100 pièces à remplacer : les grands navires porte-conteneurs sont souvent construits à partir de plus de 20 000 pièces d'acier !

Étude de cas sur le calcul des coûts de main d'œuvre

Deux constructeurs navals de Virginia Beach sont en compétition pour un contrat visant à effectuer la maintenance planifiée sur un grand navire porte-conteneurs. Une partie du projet consiste à enlever les panneaux rouillés de la coque du navire et de les remplacer par de nouveaux panneaux taillés sur mesure dans une plaque d'acier de 1" (2.5cm) d'épais. Il y a 100 panneaux à remplacer sur le navire.

- ACME Incorporée utilise une découpeuse à l'oxygaz fiable qu'ils ont en atelier depuis plusieurs années. Leur coût de main-d'œuvre se situe à 100\$ de l'heure. Par expérience, ils prévoient que les tâches suivantes seront nécessaires pour compléter le projet :
 - Enlever les panneaux rouillés..... 10 minutes par panneau
 - Couper de nouveaux panneaux dans l'acier 1" (2.5cm) 25 minutes par panneau
 - Meuler les nouveaux panneaux avant le soudage 10 minutes par panneau
 - Souder les panneaux de remplacement..... 15 minutes par panneau
- Industrie BRAVO utilise une découpeuse au plasma. Leur coût de main-d'œuvre se situe à 100\$ de l'heure. Par expérience, ils prévoient que les tâches suivantes seront nécessaires pour compléter le projet :
 - Enlever les panneaux rouillés..... 10 minutes par panneau
 - Couper de nouveaux panneaux dans l'acier 1" (2.5cm) 5 minutes par panneau
 - Souder les panneaux de remplacement..... 15 minutes par panneau

Calculez les coûts de la main-d'œuvre requise pour accomplir ce travail et ensuite répondez aux questions suivantes :

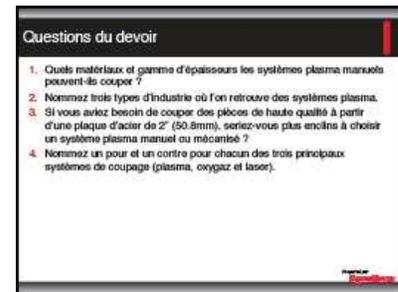
1. Quels sont pour ACME les coûts de la main-d'œuvre requise pour accomplir ce projet?
2. Quels sont pour BRAVO les coûts de la main-d'œuvre requise pour accomplir ce projet?
3. Quelle compagnie obtiendra le projet selon vous?

Synthèse

Objectif : Récapitulation et révision de la leçon

Temps : 5 minutes

Notes pour l'animateur : Le devoir présenté à la page suivante permettra aux étudiants de mettre en pratique ce qu'ils ont appris durant la leçon. La clé de correction du devoir ainsi que certains éléments de révision sont donnés au début de la leçon suivante.



Diapo 24: Synthèse et survol des questions de révision

Cette diapositive présente les questions du devoir pour cette session. Si vous choisissez de ne pas donner le devoir, vous voudrez peut-être alors revoir rapidement ces questions à la fin du cours.

Si vous choisissez de donner le devoir, remettez la page de questions de révision et demandez aux étudiants de la compléter avant le début du cours suivant.

Technologie de coupage au plasma : théorie et pratique

Devoir #2: L'utilisation des systèmes plasma en industrie

1. Quels matériaux et quelle gamme d'épaisseurs les systèmes plasma manuels peuvent-ils couper ?

Les métaux et autres matériaux conducteurs entre ¼" (6.3mm) et 1¼" (31.7mm) d'épaisseur.

2. Nommez trois types d'industrie où l'on retrouve des systèmes plasma.

Quelques réponses possibles : fabrication générale, maintenance d'installations et d'équipements, réparation d'équipements agricoles, réparation de voitures et camions, construction d'édifices à charpente métallique, construction navale, fabrication et réparation de conteneurs, entrepreneurs CVCA/mécaniques, travail artistique des métaux.

3. Si vous aviez besoin de couper des pièces de haute qualité à partir d'une plaque d'acier de 2" (50.8mm), seriez-vous plus enclins à choisir un système plasma manuel ou mécanisé ?

Mécanisé – même si certains systèmes manuels sont capables de couper 2" (50.8mm), « de haute qualité » sont les termes clés. Le plasma mécanisé offre une plus grande qualité de coupe et une meilleure répétabilité.

4. Nommez un pour et un contre pour chacun des trois principaux systèmes de coupage (plasma, oxygaz et laser).

Voici quelques bonnes réponses (référez-vous aussi aux listes complètes de la session 2) :

Plasma pour: Coupe n'importe quel matériau conducteur, vitesse et qualité de coupe avantageuses sur une grande plage d'épaisseurs, peu ou pas de travaux préliminaires ou secondaires, facile d'utilisation.

Plasma contre: Coût initial supérieur à celui de l'oxygaz, qualité de coupe inférieure à celle du laser, exigences d'entretien modérées.

Oxygaz pour: Faible coût initial, vitesse de coupe avantageuse sur les plus grandes épaisseurs, faible coût d'entretien, moins de pièces.

Oxygaz contre: Ne coupe seulement que les métaux ferreux, vitesse de coupe lente sur les matériaux minces, davantage de travaux préliminaires et secondaires, beaucoup d'habileté requise pour l'utiliser, gaz inflammables.

Laser pour: Les meilleures qualité et vitesse de coupe sur les matériaux minces.

Laser contre: Grand coût initial, pas de coupage manuel, davantage de travaux préliminaires, entretien dispendieux.

Technologie de coupage au plasma : théorie et pratique

Devoir #2: L'utilisation des systèmes plasma en industrie

1. Quels matériaux et quelle gamme d'épaisseurs les systèmes plasma manuels peuvent-ils couper ?

2. Nommez trois types d'industrie où l'on retrouve des systèmes plasma.

3. Si vous aviez besoin de couper des pièces de haute qualité à partir d'une plaque d'acier de 2" (50.8mm), seriez-vous plus enclins à choisir un système plasma manuel ou mécanisé ?

4. Nommez un pour et un contre pour chacun des trois principaux systèmes de coupage (plasma, oxygaz et laser).

Session 3: Survol d'un système plasma

La matière au cours de cette session portera sur les différentes parties d'un système plasma, sur quelques variantes de torche en coupage plasma, et enfin, sur la façon dont les opérateurs procèdent au choix des meilleurs consommables pour une application donnée.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction/Révision	5 minutes
Les différentes parties d'un système plasma.....	5 minutes
Variantes de torche en coupage plasma.....	10 minutes
Les jeux de consommables (incluant l'exercice Assemblage d'un jeu de consommables)	20 minutes
Considérations concernant les gaz	10 minutes
Temps total :	50 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

1. Téléchargez les diapositives PowerPoint dans le bon ordinateur pour la projection; ensuite, vérifiez que les images projetées soient visibles par tous les étudiants dans la classe.
2. Remettez un manuel Powermax45 à chaque étudiant de la classe.
3. Munissez-vous de jeux de consommables (les consommables reliés par une ficelle) de manière en avoir suffisamment pour tous les étudiants de la classe.
4. Faites une copie du feuillet d'exercice « Assemblage d'un jeu de consommables » pour chacun des étudiants de la classe.
5. Faites des copies du devoir pour tous les étudiants de la classe.

Introduction

Objectif : Faire la révision du contenu de la leçon précédente et consolider la matière apprise.

Temps : 5 minutes

Les questions du devoir de la session 2, de même que les bonnes réponses, sont données ici :

1. Quels matériaux et quelle gamme d'épaisseurs les systèmes plasma manuels peuvent-ils couper ?

Les métaux et autres matériaux conducteurs entre ¼" (6.3mm) et 1¼" (31.7mm) d'épaisseur.

2. Nommez trois types d'industrie où l'on retrouve les systèmes plasma.

Les réponses possibles : fabrication générale, maintenance d'installations et d'équipements, réparation d'équipements agricoles, réparation de voitures et camions, construction d'édifices à charpente métallique, construction navale, fabrication et réparation de conteneurs, entrepreneurs CVCA/mécaniques, travail artistique des métaux.

3. Si vous aviez besoin de couper des pièces de haute qualité à partir d'une plaque d'acier de 2" (50.8mm), seriez-vous plus enclins à choisir un système plasma manuel ou mécanisé ?

Mécanisé – même si certains systèmes manuels sont capables de couper 2" (50.8mm), « de haute qualité » sont les termes clés. Le plasma mécanisé offre une plus grande qualité de coupe et une meilleure répétabilité.

4. Nommez un pour et un contre pour chacun des trois principaux systèmes de coupage (plasma, oxygaz et laser).

Voici quelques bonnes réponses (référez-vous aussi aux listes complètes de la session 2) :

Plasma pour: Coupe n'importe quel matériau conducteur, vitesse et qualité de coupe avantageuses sur une grande plage d'épaisseurs, peu ou pas de travaux préliminaires ou secondaires, facile d'utilisation.

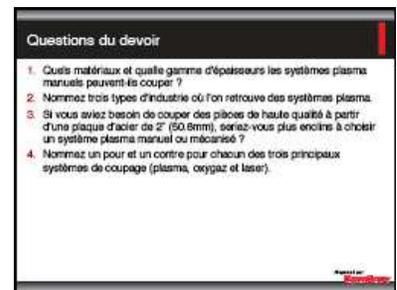
Plasma contre: Coût initial supérieur à celui de l'oxygaz, qualité de coupe inférieure à celle du laser, exigences d'entretien modérées.

Oxygaz pour: Faible coût initial, vitesse de coupe avantageuse sur les plus grandes épaisseurs, faible coût d'entretien, moins de pièces.

Oxygaz contre: Ne coupe seulement que les métaux ferreux, vitesse de coupe lente sur les matériaux minces, davantage de travaux préliminaires et secondaires, beaucoup d'habileté requise pour l'utiliser, gaz inflammables.

Laser pour: Les meilleures qualité et vitesse de coupe sur les matériaux minces.

Laser contre: Grand coût initial, pas de coupage manuel, davantage de travaux préliminaires, entretien dispendieux.



Les différentes parties d'un système plasma

Objectif : Donner un aperçu des différentes parties composant un système plasma.

Temps : 5 minutes

Diapo 2: Les différentes parties d'un système plasma

Un système plasma est constitué généralement des composants suivants :

- Le bloc d'alimentation
- La torche manuelle ainsi que le jeu de consommables
- Le connecteur de pièce

Il est également possible de retrouver les composants suivants, en fonction du fabricant :

- Une torche machine
- Des consommables complémentaires



Variantes de torche en coupage plasma

Objectif : Introduire les variantes de torche utilisées en différentes applications de coupage.

Temps : 10 minutes

Diapo 3: Variantes de torche en coupage plasma

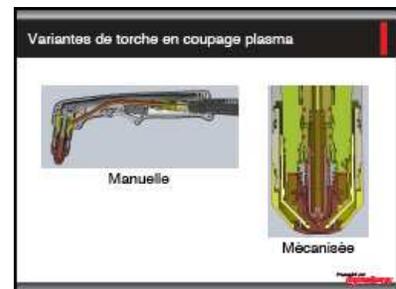
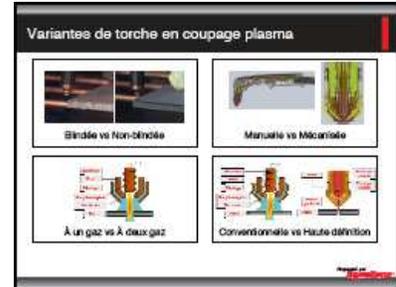
- Blindée vs non-blindée
- Manuelle vs mécanisée
- à un gaz vs à deux gaz
- Conventiennelle vs haute définition

Diapo 4: Blindée vs non-blindée (protégée vs non-protégée)

- Originellement, les consommables de coupage plasma n'étaient pas blindés : le gaz s'écoulait simplement entre l'électrode et la buse pour créer le plasma.
- La buse donnait forme au plasma en vue de couper le métal.
- Un retrait (ou une distance de recul) est nécessaire lorsque l'on travaille avec des consommables non-blindés. L'opérateur maintient donc la buse en retrait de 1/8" (3.2mm) par rapport à la plaque ; si la torche vient à toucher la plaque, les consommables peuvent être endommagés ou ruinés.
- Certains opérateurs utilisent les consommables non-blindés parce qu'ils permettent une plus grande visibilité de l'arc dans les endroits d'accès restreint.
- Le blindage (ou protecteur), quant à lui, accomplit plusieurs fonctions :
 - En intégrant la distance de retrait adéquate dans leur conception, les blindages de coupage à la traîne permettent de faire reposer la torche directement sur la pièce.
 - Il protège les consommables en gardant la buse électriquement neutre.
 - Il procure un peu de confinement supplémentaire à l'arc.

Diapo 5: Manuelle vs mécanisée

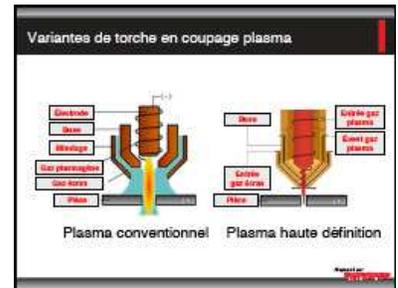
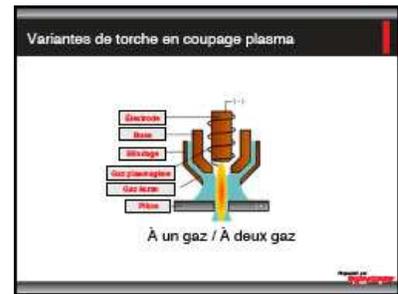
- Elles possèdent des mécanismes d'amorçage différents : les torches manuelles sont souvent conçues pour l'amorçage par contact, tandis que les torches mécanisées peuvent présenter parfois un amorçage par contact, parfois par hautes fréquences.
- Les torches manuelles sont refroidies par air ; les torches mécanisées peuvent être aussi parfois refroidies à l'eau.



Diapo 6: À un gaz vs à deux gaz

- La plupart des torches, que ce soit à un ou à deux gaz, utilisent un blindage et un flux de gaz secondaire autour de la buse pour protéger celle-ci : ce flux secondaire est appelé le « gaz écran ». Faire la différence entre un design à un gaz et à deux gaz est simple : si le gaz plasmagène et le gaz écran sont le même gaz, c'est un système à un gaz ; s'ils sont différents, c'est donc un système à deux gaz.
- Le choix du gaz écran dépend de l'application de coupage spécifique envisagée.
- Le gaz écran emplit 3 fonctions :
 - Refroidir la buse.
 - Empêcher la chaleur de remonter jusqu'à la buse.
 - Aider à chasser la matière en fusion.
- Dans les systèmes manuels, le gaz plasmagène et le gaz écran proviennent généralement de la même source : cette source sera habituellement de l'air ou de l'azote. La raison en est que :
 - La qualité de coupe y est moins importante que pour les systèmes mécanisés.
 - De nombreuses bouteilles de gaz et de nombreux tuyaux dégradent la portabilité du système.

Plusieurs combinaisons de gaz sont disponibles et sont sélectionnées en fonction de l'équipement et de l'application spécifique ; les considérations concernant les gaz seront discutées plus en détails un peu plus loin dans cette session.



Diapo 7: Plasma conventionnel vs plasma haute définition

- Aussi appelée « Coupage plasma de précision », la haute définition est la méthode de pointe concernant la constriction de l'arc en mécanisé.
- La haute définition permet une constriction exceptionnelle des arcs plasma : ceux-ci possèdent donc par ce fait même une densité d'énergie plus élevée.
 - La densité d'énergie est obtenue grâce à des buses à vortex de haut débit, des chambres de mélange haute vélocité, des champs magnétiques et autres technologies évolutives.
 - Elle peut être similaire au laser en termes d'angularité et de niveaux de scories.
 - Elle est utilisée seulement pour les applications de mécanisé.

Diapo 8: Les variantes de torche en coupage plasma

- Les pièces consommables sont le lien commun entre toutes les variantes de torche.

Les jeux de consommables

Objectif : Connaître les différents consommables conçus pour diverses applications.

Temps : 10 minutes

Diapo 9: Les jeux de consommables

- Les consommables sont les pièces de la torche qui s'usent.
- La fréquence de changement des consommables va dépendre d'un certain nombre de facteurs, tels que :
 - Le type et l'épaisseur du matériau coupé
 - La longueur moyenne des coupes
 - La qualité de l'air (présence d'huile, d'humidité ou autre contaminant)
 - Si l'amorçage est effectué par perçage ou du bord
 - Le respect de la distance torche-pièce adéquate en ce qui concerne les consommables non blindés
 - La hauteur de perçage adéquate
 - Le type de consommables utilisés
- Avec les systèmes Hypertherm, un jeu de consommables dure, en coupage manuel, de 1 à 2 heures environ en temps où l'arc est réellement actif et de 3 à 5 heures en coupage mécanisé.
- Il est essentiel de promulguer les soins adéquats et de remplacer à temps ces pièces afin d'obtenir des coupes économiques, sécuritaires et de haute qualité.
- Il faut toujours suivre les instructions pour débrancher le courant avant d'inspecter ou changer les consommables de la torche.



Diapo 10: Les différentes pièces constituant un jeu de consommable

Notes pour l'animateur : Dans cette section, nous avons énuméré quelques noms additionnels pour chaque pièce consommable. Certains fabricants ont des noms bien à eux pour leurs pièces : il n'y a pas de « standard » de l'industrie lorsqu'il s'agit des noms de consommables. Afin d'alléger cette section pour vos étudiants, nous avons choisi de présenter les noms des consommables tels qu'ils les verront dans le Manuel du Powermax45.

En raison des brevets de certains designs de consommables, quelques fabricants offrent des consommables qui peuvent avoir une apparence qui diffère de celle des consommables du Powermax45 fournis avec cette formation. Parfois les pièces sont combinées (buse de protection et blindage en une seule pièce, par exemple) ou possèdent des caractéristiques différentes (formes de buse et d'électrode). Pour plus de simplicité, nous avons choisi de ne montrer que les consommables nécessaires à vos étudiants pour opérer le Powermax45. Souvenez-vous : les consommables d'une torche plasma sont conçus pour générer l'arc plasma, lui donner sa forme et l'entretenir.

Nous avons joint quelques jeux de consommables afin de pouvoir les présenter aux étudiants dans cette partie du cours : les consommables sont tenus ensemble par un fil, tel que montré sur l'image de cette diapositive.

Répartissez uniformément les jeux de consommables parmi les étudiants et poursuivez.

Demandez aux étudiants de délier le jeu de consommables en desserrant l'attache et en dévissant le blindage de la buse de protection. Ils pourront suivre avec leur démonstrateur au fur et à mesure que chaque pièce est décrite ci-après. Notez qu'il est possible de cliquer sur l'image de la diapositive : en cliquant sur chaque pièce du jeu de consommables, sa description s'affichera. Passez ainsi en revue les pièces une à la fois en utilisant l'information ci-après pour vous épauler.

Les principales pièces d'un jeu de consommables sont :

- **Le blindage (protecteur) (diapo 11)** – canalise l'écoulement du gaz secondaire, refroidit la buse et protège les consommables des éclaboussures de matière en fusion et de la chaleur radiante. Ce blindage maintient la distance torche-pièce adéquate, ce qui permet le coupage à la traîne. Les rainures à l'extrémité du blindage permettent au flux de gaz de chasser la matière en fusion (et la chaleur) loin des consommables.
- **La buse de protection (coiffe/buse de retenue) (diapo 12)** – protège la torche des projections de matière en fusion et de la chaleur radiante. Elle loge (retient) l'électrode, le diffuseur et la buse.
- **La buse (diapo 13)** – comprime et focalise l'écoulement de gaz plasmagène. La buse en démonstration a été forcée pour pouvoir y passer un fil, mais normalement l'orifice de la buse est proportionnel à l'intensité de courant. La buse d'un appareil de 100A aura un orifice plus grand que celle du Powermax45 (45A). Toutefois, informez les étudiants qu'il existe des buses spéciales pour le gougeage possédant un orifice plus grand. Dans un tel cas, les opérateurs doivent abaisser la pression de gaz, ce qui produit un arc plasma plus large, moins concentré. Comparez une buse blindée de Powermax45 à une buse de gougeage : il y a une différence visible de grandeur d'orifice. Ceci pourra vous servir pour fins de comparaison visuelle dans cette section.
- **L'électrode (diapo 14)** – en cuivre avec une insertion conductrice (hafnium) ; l'électrode porte la charge négative provenant du bloc d'alimentation. Les ailettes sur cette électrode font partie du mécanisme d'amorçage : le flux de gaz force l'électrode et la buse à se séparer, amenant ainsi la formation d'un arc.
- **Le diffuseur (diapo 15)** – contrôle le flux de gaz dans la chambre plasma. Remarquez que les trous dans le diffuseur sont inclinés pour faire tourbillonner le gaz en vue de former un vortex (une tornade), concentrant ainsi le gaz en un jet étroit.

Faites prendre conscience qu'une fois les pièces assemblées, les trous dans le diffuseur se situent sous les ailettes de l'électrode. Lorsque le gaz est poussé à travers ces trous, il souffle contre les ailettes sur l'électrode, la forçant à se séparer de la buse. Ce mouvement, appelé « rétrogression » (ou « blowback » en anglais), est ce qui permet la génération d'un arc dans la méthode d'amorçage par contact du Powermax45.



Question de révision :

Après avoir passé en revue toutes les pièces, demandez aux étudiants quels sont, selon eux, les consommables qui s'useront en premier ? Est-ce qu'ils sont d'avis qu'il faut changer toutes les pièces en même temps au moment du remplacement ?

La bonne réponse est :

L'électrode et la buse nécessiteront des remplacements plus fréquents et devraient être changées toutes les deux en même temps. Pour la buse et l'électrode, mélanger une pièce neuve avec une ancienne peut diminuer considérablement la durée de vie de ces deux pièces. Tel qu'enseigné à la session 1, ces pièces conduisent le courant et génèrent l'arc. Elles sont également les pièces situées le plus près de la chaleur de l'arc. Pour le coupage manuel, il faut prévoir que la paire ne durera qu'environ 1 à 2 heures en temps où l'arc est actif.

Le blindage est exposé à la chaleur et à l'accumulation de souillures de matière fondue. Les blindages peuvent être nettoyés à la main, mais devraient être remplacés lorsque la matière fondue bouche les rainures situées à l'extrémité ou modifie la distance torche-pièce.

Le diffuseur et la buse de protection peuvent durer beaucoup plus longtemps. Les diffuseurs n'ont besoin d'être remplacés que si leurs trous ne peuvent être débouchés. Autant les diffuseurs que les buses de protection doivent être remplacés s'ils deviennent fissurés ou tordus.

Assemblage d'un jeu de consommables

Objectif : Apprendre à assembler des jeux de consommables pour des usages particuliers.

Temps : 10 minutes

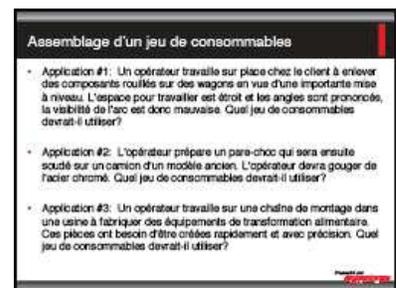
Diapo 16: Assemblage d'un jeu de consommables

- Il est important que les étudiants sachent comment assembler un jeu de consommables pour un usage en particulier.
- Le choix des pièces dépend du genre d'application envisagée et du type d'équipement utilisé.
- Les spécifications des consommables se trouvent dans le manuel de l'opérateur.



Diapo 17: Assemblage d'un jeu de consommables

- Demandez aux étudiants de travailler en équipes de 3. L'un des étudiants consulte le manuel pour identifier les pièces appropriées, un deuxième assemble les pièces et le troisième vérifie leur travail pour s'assurer que tout est correct. Ils feront ensuite la rotation des rôles pour chacune des trois activités qui suivent.
- Demandez aux étudiants d'ouvrir leur manuel Powermax45 à la section 4. Cette section présente les choix de consommables dont ils ont besoin pour assembler le jeu de consommables approprié.
- Donnez aux étudiants de 3 à 4 minutes pour assembler le jeu de consommables approprié à chacun des scénarios. Les étudiants doivent ensuite compléter le feuillet (fourni à la page suivante) pour chaque scénario. Faites une pause après chaque scénario et assurez-vous que chaque équipe a bien sélectionné les bons consommables.



Les bonnes réponses sont données à la page suivante.

Technologie de coupage au plasma: théorie et pratique

Assemblage d'un jeu de consommables

Application #1: Un opérateur travaille sur place chez le client à enlever des composants rouillés sur des wagons en vue d'une importante mise à niveau. L'espace pour travailler est étroit et les angles sont prononcés, la visibilité de l'arc est donc mauvaise. Quel jeu de consommables devrait-il utiliser ?

Jeu de consommables: T45V non blindés

Consommables:	Pièce: <u>Électrode</u>	Numéro: <u>220669</u>
	Pièce: <u>Diffuseur</u>	Numéro: <u>220670</u>
	Pièce: <u>Buse de protection</u>	Numéro: <u>220713</u>
	Pièce: <u>Buse</u>	Numéro: <u>220718</u>
	Pièce: <u>Défecteur</u>	Numéro: <u>220717</u>

Application #2: L'opérateur prépare un pare-choc qui sera ensuite soudé sur un camion d'un modèle ancien. L'opérateur devra gouger de l'acier chromé. Quel jeu de consommables devrait-il utiliser ?

Jeu de consommables: T45V de gougeage

Consommables:	Pièce: <u>Électrode</u>	Numéro: <u>220669</u>
	Pièce: <u>Diffuseur</u>	Numéro: <u>220670</u>
	Pièce: <u>Buse de protection</u>	Numéro: <u>220713</u>
	Pièce: <u>Buse</u>	Numéro: <u>220672</u>
	Pièce: <u>Blindage</u>	Numéro: <u>220675</u>

Application #3: Un opérateur travaille sur une chaîne de montage dans une usine à fabriquer des équipements de transformation alimentaire. Ces pièces ont besoin d'être créées rapidement et avec précision. Quel jeu de consommables devrait-il utiliser ?

Jeu de consommables: T45V blindés

Consommables:	Pièce: <u>Électrode</u>	Numéro: <u>220669</u>
	Pièce: <u>Diffuseur</u>	Numéro: <u>220670</u>
	Pièce: <u>Buse de protection</u>	Numéro: <u>220713</u>
	Pièce: <u>Buse</u>	Numéro: <u>220671</u>
	Pièce: <u>Blindage</u>	Numéro: <u>220674</u>

Technologie de coupage au plasma: théorie et pratique

Assemblage d'un jeu de consommables

Application #1: Un opérateur travaille sur place chez le client à enlever des composants rouillés sur des wagons en vue d'une importante mise à niveau. L'espace pour travailler est étroit et les angles sont prononcés, la visibilité de l'arc est donc mauvaise. Quel jeu de consommables devrait-il utiliser ?

Jeu de consommables: _____

Consommables:	Pièce: _____	Numéro: _____
	Pièce: _____	Numéro: _____

Application #2: L'opérateur prépare un pare-choc qui sera ensuite soudé sur un camion d'un modèle ancien. L'opérateur devra gouger de l'acier chromé. Quel jeu de consommables devrait-il utiliser ?

Jeu de consommables: _____

Consommables:	Pièce: _____	Numéro: _____
	Pièce: _____	Numéro: _____

Application #3: Un opérateur travaille sur une chaîne de montage dans une usine à fabriquer des équipements de transformation alimentaire. Ces pièces ont besoin d'être créées rapidement et avec précision. Quel jeu de consommables devrait-il utiliser ?

Jeu de consommables: _____

Consommables:	Pièce: _____	Numéro: _____
	Pièce: _____	Numéro: _____

Considérations à propos des gaz

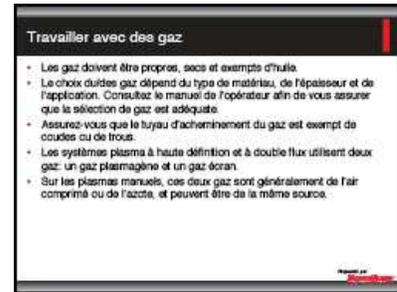
Objectifs : Passer en revue les options concernant les gaz et les critères de sélection de différents gaz pour divers usages.

Temps : 10 minutes

Diapo 18: Travailler avec des gaz

Il est important de tenir compte des considérations suivantes concernant l'utilisation de gaz avec un système plasma :

- Les gaz doivent être propres, secs et exempts d'huile.
- Les opérateurs de plasma mécanisé utilisent toute une gamme de gaz différents ; le choix du/des gaz dépend du type de matériau, de l'épaisseur et de l'application. Il faut consulter le manuel de l'opérateur afin de s'assurer que la sélection des gaz est adéquate.
- Il faut vérifier que le tuyau d'acheminement du gaz est exempt de coudes ou de trous. Une baisse de la pression de gaz peut diminuer la qualité de coupe ou causer des défaillances d'amorçage.
- Les systèmes plasma à deux gaz (à double flux de gaz) et à haute définition utilisent deux gaz, un gaz plasmagène et un gaz écran, en vue d'obtenir une meilleure qualité de coupe et une durée de vie plus longue des consommables. Souvent, en ce qui concerne les systèmes plasma manuels, les deux gaz peuvent provenir de la même source, et celle-ci est généralement de l'air comprimé ou de l'azote.



Les choix de gaz

	Matériau usiné	Avantages	Recommandations
Les choix de gaz concernent plus les plasma mécanisés			
Alu non traité	Air sec comprimé	• Économique	• Des particules d'huile et d'eau peuvent réduire la durée de vie des consommables. • Ne pas de soudure.
Alu	Air sec comprimé	• Coupe d'acier doux et d'acier inoxydable. • Meilleure pénétration que les autres choix de gaz pour l'acier inoxydable.	• 60 secondes (ou moins) de soudure. • 100% pas de soudure pour une application sur l'acier.
Les choix de gaz concernent plus les plasma manuels			
Acier doux	Air sec comprimé	• Grande vitesse, grande qualité de coupe, moins de surchauffe (à l'exception de l'acier doux).	• Dépendance à l'acier doux. • Recommandé.
HR (AISI 4140, 4142, etc.)	Air sec comprimé / Azote	• Plus de vitesse et grande qualité de coupe pour l'acier doux.	• Dépendance à l'acier doux. • Recommandé.
Alu	Air sec comprimé	• Plus de vitesse et grande qualité de coupe pour l'acier doux.	• Dépendance à l'acier doux. • Recommandé.

Diapo 19: Les choix de gaz

Le tableau suivant présente les quatre gaz les plus couramment utilisés avec les systèmes plasma, ainsi que de manière générale, leurs avantages et inconvénients respectifs. Parcourez le tableau suivant avec la classe.

	Matériau coupé	Avantages	Inconvénients
Les choix de gaz courants pour le plasma manuel			
Air comprimé	Acier au carbone	<ul style="list-style-type: none"> • Économique 	<ul style="list-style-type: none"> • Des problèmes d'humidité peuvent réduire la durée de vie des consommables. • Un peu de nitruration
Azote	Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> • Coupe l'aluminium et l'acier inoxydable. • Moins dispendieux que les autres choix de gaz pour l'acier inoxydable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitruration (soudabilité moindre) • N'est pas idéal pour une utilisation sur l'acier.
Les choix de gaz courants pour le plasma mécanisé			
Oxygène	Acier au carbone	<ul style="list-style-type: none"> • Grande vitesse, grande qualité de coupe, moins de scories que l'air comprimé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispendieux • Inflammable
H35 (35% hydrogène, 65% air)	Acier inoxydable Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> • Fini de surface de grande qualité sur l'acier inoxydable de 3/8" (10mm) et plus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispendieux • Inflammable
F5 (5% hydrogène, 95% azote)	Acier inoxydable Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> • Fini de surface de grande qualité sur l'acier inoxydable de moins de 3/8" (10mm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispendieux • Inflammable

Posez les questions suivantes aux étudiants et discutez avec eux de leurs réponses.

1. Quel est le gaz le moins dispendieux que vous pourriez utiliser avec un système plasma manuel pour couper de l'acier au carbone ?

Bonne réponse : Air comprimé

2. Quel gaz produira la meilleure coupe sur l'acier au carbone à l'aide d'un système mécanisé ?

Bonne réponse : Oxygène

3. Pour un fini de surface de grande qualité sur l'acier inoxydable, quels sont les deux mélanges de gaz que vous pourriez utiliser ? Comment décideriez-vous lequel offre la meilleure option pour un projet donné ?

Bonne réponse : Le H35 et le F5; la décision de prendre l'un ou l'autre est basée sur l'épaisseur du matériau à couper ($\pm 3/8''$ or 10 mm).

Synthèse

Objectif : Récapitulation et révision de la leçon

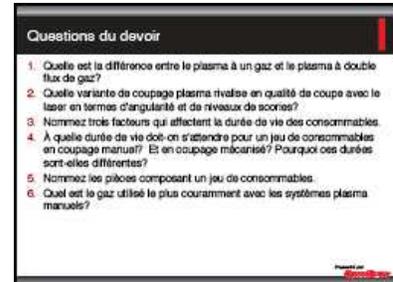
Temps : 5 minutes

Notes pour l'animateur : Le devoir présenté à la page suivante permettra aux étudiants de mettre en pratique ce qu'ils ont appris durant la leçon. La clé de correction du devoir ainsi que certains éléments de révision sont donnés au début de la leçon suivante.

Diapo 20: Synthèse et survol des questions de révision

Cette diapositive présente les questions du devoir pour cette session. Si vous choisissez de ne pas donner le devoir, vous voudrez peut-être alors revoir rapidement ces questions à la fin du cours.

Si vous choisissez de donner le devoir, remettez la page de questions de révision et demandez aux étudiants de la compléter avant le début du cours suivant.



Technologie de coupage au plasma: théorie et pratique

Devoir #3: Survol d'un système plasma

1. Quelle est la différence entre le plasma à un gaz et le plasma à double flux de gaz ?

Tout comme le nom le dit, le plasma à double flux utilise deux gaz : un gaz plasmagène et un gaz écran. L'ajout d'un blindage protège les consommables de la chaleur radiante et des éclaboussures de matière en fusion. Le gaz écran procure un confinement supplémentaire pour l'arc et aide à chasser la matière fondue de la saignée.

2. Quelle variante de coupage plasma rivalise en qualité de coupe avec le laser en termes d'angularité et de niveaux de scories ?

À haute définition.

3. Nommez trois facteurs qui affectent la durée de vie des consommables.

Quelques réponses possibles : l'épaisseur du métal à couper, la longueur moyenne des coupes, le fait de faire le coupage en mécanisé ou en manuel, la qualité de l'air, le fait d'amorcer avec un perçage ou à partir de l'arête, le respect de la distance torche-pièce adéquate avec des consommables non blindés et enfin, le type de consommables utilisé.

4. À quelle durée de vie doit-on s'attendre pour un jeu de consommables en coupage manuel ? En coupage mécanisé ? Pourquoi ces durées sont-elles différentes ?

Pour le coupage manuel, la durée de vie est généralement de 1 à 2 heures en temps où l'arc est actif ; pour le coupage mécanisé, de 3 à 5 heures. La période de temps où l'arc pilote est actif est plus grande sur les systèmes manuels.

5. Nommez les pièces composant un jeu de consommables.

Électrode, buse, diffuseur, buse de protection et blindage (protecteur).

6. Quel est le gaz utilisé le plus couramment avec les systèmes plasma manuels ?

L'air comprimé ou en bouteille.

Technologie de coupage au plasma: théorie et pratique

Devoir #3: Survol d'un système plasma

1. Quelle est la différence entre le plasma à un gaz et le plasma à double flux de gaz ?

2. Quelle variante de coupage plasma rivalise en qualité de coupe avec le laser en termes d'angularité et de niveaux de scories ?

3. Nommez trois facteurs qui affectent la durée de vie des consommables.

4. À quelle durée de vie doit-on s'attendre pour un jeu de consommables en coupage manuel ? En coupage mécanisé ? Pourquoi ces durées sont-elles différentes ?

5. Nommez les pièces composant un jeu de consommables.

6. Quel est le gaz utilisé le plus couramment avec les systèmes plasma manuels ?

Session 4: Utiliser le manuel du système plasma

Cette leçon débute par une revue du manuel d'utilisation, présente ensuite les mesures de sécurité et se termine avec un exercice sur les équipements de sécurité adéquats. Vous aurez l'occasion ici de communiquer l'importance des mesures de sécurité lorsqu'il s'agit de travailler avec des systèmes plasma.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction/Révision	5 minutes
Le manuel du système plasma (incluant l'exercice sur le manuel d'utilisation)	20 minutes
Mesures de sécurité.....	15 minutes
Exercice sur les équipements de sécurité.....	5 minutes
Synthèse.....	5 minutes
Temps total:	50 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

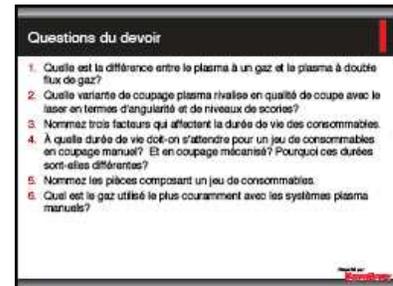
1. Téléchargez les diapositives PowerPoint dans le bon ordinateur pour la projection; ensuite, vérifiez que les images projetées soient visibles par tous les étudiants dans la classe.
2. Assurez-vous d'avoir assez de copies du manuel du Powermax45 pour tous les étudiants de la classe.
3. Faites des copies des feuillets d'exercice sur le manuel technique. Prenez note qu'il y a 3 feuillets d'exercice différents, et chaque étudiant n'aura à compléter qu'un seul des trois feuillets d'exercice.
4. Faites des copies du devoir pour tous les étudiants de la classe.

Introduction

Objectif : Faire la révision du contenu de la leçon précédente et consolider la matière apprise.

Temps : 5 minutes

Les questions du devoir de la session 3, de même que les bonnes réponses, sont données ici :



1. Quelle est la différence entre le plasma à un gaz et le plasma à double flux de gaz ?

Tout comme le nom le dit, le plasma à double flux utilise deux gaz : un gaz plasmagène et un gaz écran. L'ajout d'un blindage protège les consommables de la chaleur radiante et des éclaboussures de matière en fusion. Le gaz écran procure un confinement supplémentaire pour l'arc et aide à chasser la matière fondue de la saignée.

2. Quelle variante de coupage plasma rivalise en qualité de coupe avec le laser en termes d'angularité et de niveaux de scories ?

À haute définition.

3. Nommez trois facteurs qui affectent la durée de vie des consommables.

Quelques réponses possibles : l'épaisseur du métal à couper, la longueur moyenne des coupes, le fait de faire le coupage en mécanisé ou en manuel, la qualité de l'air, le fait d'amorcer avec un perçage ou à partir de l'arête, le respect de la distance torche-pièce adéquate avec les consommables non blindés et le type de consommables utilisé.

4. À quelle durée de vie doit-on s'attendre pour un jeu de consommables en coupage manuel ? En coupage mécanisé ? Pourquoi ces durées sont-elles différentes ?

Pour le coupage manuel, la durée de vie est généralement de 1 à 2 heures en temps où l'arc est actif ; pour le coupage mécanisé, de 3 à 5 heures. La période de temps où l'arc pilote est actif est plus grande sur les systèmes manuels.

5. Nommez les pièces composant un jeu de consommables.

Électrode, buse, diffuseur, buse de protection et blindage (protecteur).

6. Quel est le gaz utilisé le plus couramment avec les systèmes plasma manuels ?

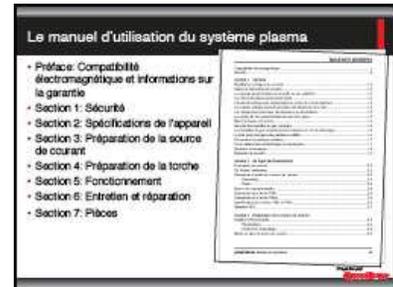
L'air comprimé ou en bouteille.

Le manuel d'utilisation du système plasma

Objectif : Voir les différentes sections du manuel et apprendre à localiser rapidement l'information pertinente.

Temps : 20 minutes, incluant l'exercice

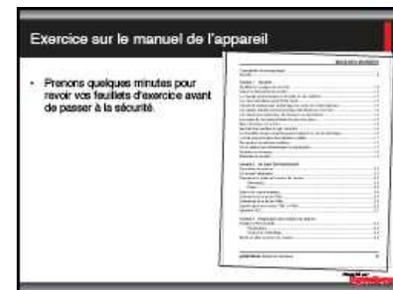
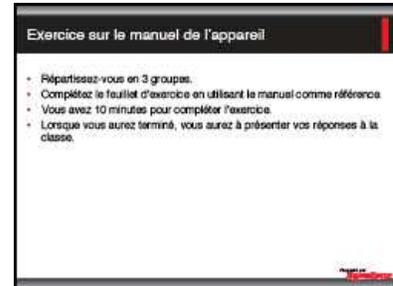
Notes pour l'animateur : Distribuez un manuel du Powermax45 à chaque paire d'étudiants. Ce manuel de l'opérateur est la meilleure ressource en vue d'une utilisation sécuritaire et efficace du système plasma. Même si, ici, c'est le manuel du Powermax45 qui est utilisé, cette leçon s'applique de façon générique aux manuels d'utilisation de tous les fabricants de plasmas.



Diapo 2: Le manuel d'utilisation du système plasma

Demandez aux étudiants d'ouvrir le manuel à la page vii – Table des matières. Le manuel doit être, pour tout opérateur, la première source d'information sur le système. Au lieu de faire un exposé des grandes lignes, posez aux étudiants ces quelques questions visant à leur faire prendre conscience de l'endroit où trouver certaines informations.

- Où regarderiez-vous pour trouver les instructions sur la bonne façon d'utiliser le plasma ? (Section 5: Fonctionnement)
- Où regarderiez-vous pour trouver des informations pour le dépannage de problèmes courants ? (Section 6: Entretien et réparation)
- Où devriez-vous trouver le poids et les dimensions de la source de courant du système ? (Section 2: Au sujet du Powermax45)
- Où regarderiez-vous pour trouver les numéros de pièce du fabricant ? (Section 7: Pièces)
- Où regarderiez-vous pour identifier les jeux de consommables spécifiques à certains types de coupe ? (Section 4: Préparation de la torche)
- Où devriez-vous trouver l'information sur la façon de raccorder l'alimentation en gaz ? (Section 3: Préparation de la source de courant)



Diapos 3 & 4: Exercice sur le manuel d'utilisation

Cet exercice entraîne les étudiants à utiliser le manuel du Powermax45 grâce à une série de questions.

- Divisez la classe en 3 groupes. Remettez un feuillet d'exercice différent à chaque groupe.
- Assurez-vous que chaque groupe possède au moins une copie du manuel du Powermax45.
- Demandez aux étudiants de compléter l'exercice en utilisant le manuel comme outil de travail.
- Laissez aux étudiants 10 minutes pour compléter le feuillet. Selon la taille de la classe et le nombre de manuels disponibles, vous pouvez faire travailler les étudiants seuls ou en paires.
- Le délai terminé, invitez les groupes à présenter leurs questions et réponses à la classe.

Pendant les présentations des étudiants, utilisez votre clé de correction pour vous aider à diriger la discussion. En parallèle avec les présentations, invitez les étudiants à chercher les pages concordantes dans le manuel. Les feuillets d'exercices et les clés de correction se trouvent aux pages suivantes.

Copie du formateur

Feuillet d'exercice sur le manuel d'utilisation #1

Vous travaillez dans un atelier de réparation automobile qui effectue quotidiennement une gamme très variée de réparations. L'atelier vient d'acquérir récemment un Powermax45 et a l'intention de l'utiliser pour tous les types de coupe manuelle. Vous devez l'installer et enseigner à vos collègues comment l'utiliser.

Répondez à ces questions qui surviennent au cours de votre tâche. Vous avez 10 minutes pour compléter cet exercice. Répondez à chaque question dans l'espace fourni et assurez-vous d'indiquer le numéro de page du manuel où vous avez trouvé l'information. Une fois terminé, vous aurez à présenter vos réponses à la classe en expliquant comment et où vous avez trouvé ces informations dans le manuel.

- | | Page # |
|--|---------------|
| 1. Section 2: Spécifications de l'appareil – Quel types de gaz d'alimentation le Powermax45 accepte-t-il ?

<i><u>Air ou azote (p. 2-4)</u></i> | <u>p. 2-4</u> |
| 2. Section 4: Préparation de la torche – Choisissez les consommables protégés (blindés) appropriés pour le coupage manuel de l'acier au carbone.

<i><u>Protecteur (220673), Buse de protection (220713), buse (220671), diffuseur (220670), et électrode (220669)</u></i> | <u>p. 4-8</u> |
| 3. Section 5: Fonctionnement – Lorsque vous mettez en marche la découpeuse, le voyant de capteur de buse s'allume en jaune. Qu'est-ce que cela veut dire ?

<i><u>Les consommables sont desserrés, mal installés ou manquants.</u></i> | <u>p. 5-2</u> |
| 4. Section 5: Fonctionnement – Vous allez tenter une première coupe sur un bout de plaque de 5mm d'épaisseur. À quelle position devriez-vous placer le sélecteur de mode et comment ce mode se nomme-t-il ?

<i><u>Au milieu ; « Arc pilote non continu ».</u></i> | <u>p. 5-3</u> |
| 5. Section 5: Fonctionnement – Que faites-vous avec le connecteur de pièce ?

<i><u>Le connecteur de pièce doit être fixé sur la pièce à tailler pendant le coupage, mais pas sur la partie de la pièce qui se détachera.</u></i> | <u>p. 5-7</u> |
| 6. Section 6: Entretien et réparation – L'arc ne se transfère pas sur la pièce lorsque vous procédez à une coupe. Que devriez-vous faire ?

<i><u>Vérifier le connecteur de pièce.</u></i> | <u>p. 6-6</u> |

Copie du formateur

Feuillet d'exercice sur le manuel d'utilisation #2

Vous travaillez dans un atelier en CVCA, principalement à la fabrication et l'altération de conduits. Votre patron vient de vous demander de jeter un coup d'œil sur le nouveau Powermax45 et de vous préparer à enseigner à vos collègues comment utiliser l'appareil.

Répondez à ces questions qui surviennent au cours de votre tâche. Vous avez 10 minutes pour compléter cet exercice. Répondez à chaque question dans l'espace fourni et assurez-vous d'indiquer le numéro de page du manuel où vous avez trouvé l'information. Une fois terminé, vous aurez à présenter vos réponses à la classe en expliquant comment et où vous avez trouvé ces informations dans le manuel.

- | | Page # |
|--|----------------|
| 1. Préface – Combien de temps dure la garantie sur la source de courant ?
<u>Trois ans</u> | <u>p. iii</u> |
| 2. Section 1: Sécurité – Pour la protection des yeux, quel est l'indice de protection minimal de verres teintés requis avec le Powermax45 ?
<u>Six</u> | <u>p. 1-5</u> |
| 3. Section 1: Sécurité – Devriez-vous couper l'alimentation avant de démonter la torche ?
<u>Oui</u> | <u>p. 1-10</u> |
| 4. Section 2: Spécifications de l'appareil – Combien pèse un Powermax45 CSA ?
<u>37 livres (ou 16,8 kg)</u> | <u>p. 2-3</u> |
| 5. Section 4: Préparation de la torche – Quelle est la vitesse de coupe recommandée pour couper de l'aluminium 9,5mm avec des consommables protégés (blindés) ?
<u>760 mm/min</u> | <u>p. 4-13</u> |
| 6. Section 6: Entretien et réparation – Quand doit-on remplacer l'électrode ?
<u>Si la surface est usée ou si la profondeur du cratère est supérieure à 1,6mm de profondeur.</u> | <u>p. 6-3</u> |

Copie du formateur

Feuillet d'exercice sur le manuel d'utilisation #3

Vous travaillez pour un atelier d'usinage des métaux qui fabrique toutes sortes de pièces sur mesure utilisées par différents manufacturiers. La direction a acheté récemment un nouveau Powermax45 et a l'intention de l'utiliser pour le coupage mécanisé. Vous devez l'installer et enseigner à vos collègues comment utiliser la machine.

Répondez à ces questions qui surviennent au cours de votre tâche. Vous avez 10 minutes pour compléter cet exercice. Répondez à chaque question dans l'espace fourni et assurez-vous d'indiquer le numéro de page du manuel où vous avez trouvé l'information. Une fois terminé, vous aurez à présenter vos réponses à la classe en expliquant comment et où vous avez trouvé ces informations dans le manuel.

- | | Page # |
|---|----------------|
| 1. Préface – Combien de temps dure la garantie sur les pièces de torche fournies par le fabricant ?

<i>Un an à partir de la date de livraison.</i> | <u>p. iii</u> |
| 2. Section 2: Spécifications de l'appareil – Quelle est la capacité de perçage mécanisé du Powermax45 ?

<i>3/8" (ou 9,5mm)</i> | <u>p. 2-6</u> |
| 3. Section 4: Préparation de la torche – On vous demande d'enlever une soudure existante. Quel est le numéro de pièce du protecteur (blindage) que vous devriez utiliser ?

<i>Numéro de pièce 220675 pour le gougeage.</i> | <u>p. 4-4</u> |
| 4. Section 5: Fonctionnement – Qu'est-ce qui est le plus facile en coupage manuel : pousser la torche ou la tirer/traîner ?

<i>Tirer ou traîner la torche le long de la coupe est plus facile que de la pousser.</i> | <u>p. 5-9</u> |
| 5. Section 5: Fonctionnement – On vous demande d'enlever une soudure existante. Quel est l'angle recommandé pour le gougeage ?

<i>45 degrés</i> | <u>p. 5-12</u> |
| 6. Section 6: Entretien et réparation – Le voyant à DEL de l'alimentation clignote. Qu'est-ce que cela veut dire?

<i>La tension d'entrée est trop haute ou trop basse.</i> | <u>p. 6-4</u> |

Feuillet d'exercice sur le manuel d'utilisation #1

Vous travaillez dans un atelier de réparation automobile qui effectue quotidiennement une gamme très variée de réparations. L'atelier vient d'acquérir récemment un Powermax45 et a l'intention de l'utiliser pour tous les types de coupe manuelle. Vous devez l'installer et enseigner à vos collègues comment l'utiliser.

Répondez à ces questions qui surviennent au cours de votre tâche. Vous avez 10 minutes pour compléter cet exercice. Répondez à chaque question dans l'espace fourni et assurez-vous d'indiquer le numéro de page du manuel où vous avez trouvé l'information. Une fois terminé, vous aurez à présenter vos réponses à la classe en expliquant comment et où vous avez trouvé ces informations dans le manuel.

- | | Page # |
|---|---------------|
| 1. Section 2: Spécifications de l'appareil – Quel types de gaz d'alimentation le Powermax45 accepte-t-il ? | _____ |
| _____ | |
| 2. Section 4: Préparation de la torche – Choisissez les consommables protégés (blindés) appropriés pour le coupage manuel de l'acier au carbone. | _____ |
| _____ | |
| 3. Section 5: Fonctionnement – Lorsque vous mettez en marche la découpeuse, le voyant de capteur de buse s'allume en jaune. Qu'est-ce que cela veut dire ? | _____ |
| _____ | |
| 4. Section 5: Fonctionnement – Vous allez tenter une première coupe sur un bout de plaque de 5mm d'épaisseur. À quelle position devriez-vous placer le sélecteur de mode et comment ce mode se nomme-t-il ? | _____ |
| _____ | |
| 5. Section 5: Fonctionnement – Que faites-vous avec le connecteur de pièce ? | _____ |
| _____ | |
| 6. Section 6: Entretien et réparation – L'arc ne se transfère pas sur la pièce lorsque vous procédez à une coupe. Que devriez-vous faire ? | _____ |
| _____ | |

Feuillet d'exercice sur le manuel d'utilisation #2

Vous travaillez dans un atelier en CVCA, principalement à la fabrication et l'altération de conduits. Votre patron vient de vous demander de jeter un coup d'œil sur le nouveau Powermax45 et de vous préparer à enseigner à vos collègues comment utiliser l'appareil.

Répondez à ces questions qui surviennent au cours de votre tâche. Vous avez 10 minutes pour compléter cet exercice. Répondez à chaque question dans l'espace fourni et assurez-vous d'indiquer le numéro de page du manuel où vous avez trouvé l'information. Une fois terminé, vous aurez à présenter vos réponses à la classe en expliquant comment et où vous avez trouvé ces informations dans le manuel.

- | | Page # |
|--|---------------|
| 1. Préface – Combien de temps dure la garantie sur la source de courant ?
_____ | _____ |
| 2. Section 1: Sécurité – Pour la protection des yeux, quel est l'indice de protection minimal de verres teintés requis avec le Powermax45 ?
_____ | _____ |
| 3. Section 1: Sécurité – Devriez-vous couper l'alimentation avant de démonter la torche ?
_____ | _____ |
| 4. Section 2: Spécifications de l'appareil – Combien pèse un Powermax45 CSA ?
_____ | _____ |
| 5. Section 4: Préparation de la torche – Quelle est la vitesse de coupe recommandée pour couper de l'aluminium 9,5mm avec des consommables protégés (blindés) ?
_____ | _____ |
| 6. Section 6: Entretien et réparation – Quand doit-on remplacer l'électrode ?
_____ | _____ |

Feuillet d'exercice sur le manuel d'utilisation #3

Vous travaillez pour un atelier d'usinage des métaux qui fabrique toutes sortes de pièces sur mesure utilisées par différents manufacturiers. La direction a acheté récemment un nouveau Powermax45 et a l'intention de l'utiliser pour le coupage mécanisé. Vous devez l'installer et enseigner à vos collègues comment utiliser la machine.

Répondez à ces questions qui surviennent au cours de votre tâche. Vous avez 10 minutes pour compléter cet exercice. Répondez à chaque question dans l'espace fourni et assurez-vous d'indiquer le numéro de page du manuel où vous avez trouvé l'information. Une fois terminé, vous aurez à présenter vos réponses à la classe en expliquant comment et où vous avez trouvé ces informations dans le manuel.

- | | Page # |
|---|---------------|
| 1. Préface – Combien de temps dure la garantie sur les pièces de torche fournies par le fabricant ?

_____ | _____ |
| 2. Section 2: Spécifications de l'appareil – Quelle est la capacité de perçage mécanisé du Powermax45 ?

_____ | _____ |
| 3. Section 4: Préparation de la torche – On vous demande d'enlever une soudure existante. Quel est le numéro de pièce du protecteur (blindage) que vous devriez utiliser ?

_____ | _____ |
| 4. Section 5: Fonctionnement – Qu'est-ce qui est le plus facile en coupage manuel : pousser la torche ou la tirer/traîner ?

_____ | _____ |
| 5. Section 5: Fonctionnement – On vous demande d'enlever une soudure existante. Quel est l'angle recommandé pour le gougeage ?

_____ | _____ |
| 6. Section 6: Entretien et réparation – Le voyant à DEL de l'alimentation clignote. Qu'est-ce que cela veut dire?

_____ | _____ |

Mesures de sécurité

Objectif : Passer en revue les mesures de sécurité importantes.

Temps : 20 minutes, incluant l'exercice



Diapo 5: Exercice sur les mesures de sécurité

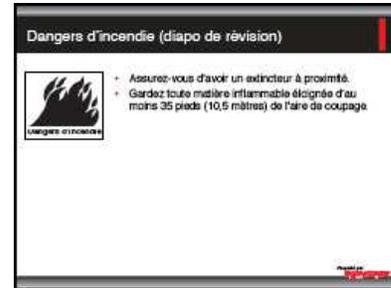
Dans le manuel, il y a 9 thèmes relatifs à la sécurité :

Dangers d'incendie	Chocs électriques	Vapeurs toxiques
Brûlures d'arc plasma	Protection yeux et peau	Mise à la terre
Gaz sous pression	Bruit	Stimulateurs cardiaques/prothèse auditives

- Divisez la classe en petits groupes et assignez à chaque groupe l'un des thèmes reliés à la sécurité. Si la classe est petite, vous pouvez alors, si vous le désirez, combiner les thèmes comme suit :
 1. Dangers d'incendie
 2. Chocs électriques
 3. Vapeurs toxiques
 4. Gaz sous pression
 5. Mise à la terre, bruit et stimulateurs cardiaques/prothèses auditives
 6. Brûlures d'arc plasma et protection des yeux et de la peau
- Demandez à chaque groupe de prendre 5 minutes pour consulter l'information sur le thème relié à la sécurité qui leur a été attribué et ensuite se préparer à présenter leur matière à la classe.
- Un résumé de chaque thème est disponible dans le diaporama. Après la présentation de chacun des groupes, affichez la diapositive correspondante et révisez les items importants avec la classe pour vous assurer que ceux-ci ont tous été bien couverts.

Diapo 6: Dangers d'incendie (diapo de révision)

- Assurez-vous d'avoir un extincteur à proximité.
- Gardez toute matière inflammable éloignée d'au moins 35 pieds (10,5 mètres) de l'aire de coupage.



Diapo 7: Chocs électriques (diapo de révision)

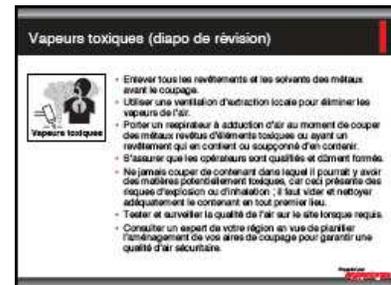
Toucher des pièces électriques sous tension peut provoquer un choc électrique fatal ou des brûlures graves. La mise en marche d'un système plasma complète un circuit électrique entre la torche et la pièce à tailler ; la pièce à tailler, et tout élément en contact avec celle-ci, font partie de ce circuit électrique.

- Il ne faut jamais toucher le corps de la torche, la pièce ou l'eau de la table à eau lorsque le système plasma est en marche.
- Portez des gants et des bottes isolants.
- Gardez le corps et les vêtements au sec.



À la sortie du plasma et À L'INTÉRIEUR du boîtier se trouvent des niveaux de tension et de courant dangereux, suffisants pour provoquer des chocs, des brûlures ou la mort.

- Le boîtier de cet appareil ne doit être ouvert que par du personnel formé et autorisé.
- Si le cordon et la fiche de la source de courant sont branchés, débranchez-les avant d'ouvrir le boîtier.
- Si la source de courant est branchée en permanence, coupez l'alimentation et verrouillez/étiquetez l'alimentation avant d'ouvrir le boîtier.
- Il faut attendre 5 minutes avant d'aller dans le boîtier après avoir coupé l'alimentation afin de permettre à l'énergie emmagasinée de se décharger.
- S'il est nécessaire pour la maintenance de rebrancher l'alimentation tout en gardant le boîtier ouvert, prenez note qu'il existe des dangers d'explosion reliés aux flashes d'arc. Veuillez respecter TOUTES les exigences locales (par exemple, NFPA 70E aux États-Unis) concernant les pratiques sécuritaires au travail et le port des équipements de protection individuelle pendant la maintenance/l'entretien d'un appareil sous tension.
- Le boîtier doit toujours être refermé et la continuité de la mise à la terre au boîtier vérifiée avant d'utiliser l'appareil après un déplacement, l'ouverture du boîtier ou une maintenance.
- Toujours suivre les instructions pour débrancher l'alimentation avant d'inspecter ou de remplacer les consommables de la torche.



Diapo 8: Vapeurs toxiques (diapo de révision)

Le matériau en train de se faire couper peut être une source de vapeurs toxiques ou de gaz qui appauvrissent l'air en oxygène. Les métaux qui peuvent dégager des vapeurs toxiques comprennent, sans les nommer tous, l'acier inoxydable, l'acier au carbone, le zinc (le galvanisé) et le cuivre. Les métaux peuvent également être recouverts de substances susceptibles de dégager des vapeurs toxiques, comme par exemple entre autres, le plomb, le cadmium et le béryllium.

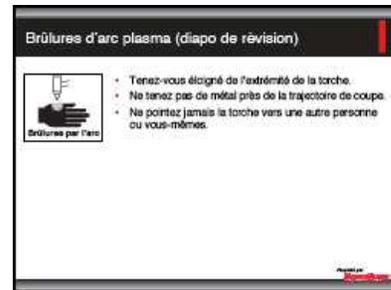
Pour réduire les risques d'exposition aux vapeurs, il faut :

- Enlever tous les revêtements et les solvants des métaux avant le coupage.
- Utiliser une ventilation d'extraction locale pour éliminer les vapeurs de l'air.
- Porter un respirateur à adduction d'air au moment de couper des métaux revêtus d'éléments toxiques ou ayant un revêtement qui en contient ou soupçonné d'en contenir.
- S'assurer que les opérateurs sont qualifiés et dûment formés.
- Ne jamais couper de contenant dans lequel il pourrait y avoir des matières potentiellement toxiques, car ceci présente des risques d'explosion ou d'inhalation ; il faut vider et nettoyer adéquatement le contenant en tout premier lieu.
- Tester et surveiller la qualité de l'air sur le site lorsque requis.
- Consulter un expert de votre région en vue de planifier l'aménagement de vos aires de coupage pour garantir une qualité d'air sécuritaire.

Diapo 9: Brûlures d'arc plasma (diapo de révision)

L'arc plasma se forme instantanément lorsque l'interrupteur de la torche est engagé et coupera facilement un gant ou de la peau.

- Tenez-vous éloigné de l'extrémité de la torche.
- Ne tenez pas de métal près de la trajectoire de coupe.
- Ne pointez jamais la torche vers une autre personne ou vous-mêmes.



Diapo 10: Protection des yeux et de la peau (diapo de révision)

Le rayonnement de l'arc plasma produit d'intenses rayons visibles et invisibles (ultraviolets et infrarouges) qui peuvent brûler les yeux et la peau.

- Portez des bottes et des gants isolants.
- Portez une protection pour les yeux (lunettes-masque de protection ou lunettes avec écrans latéraux et un casque de soudure) ayant des verres avec des teintures appropriées pour protéger les yeux des rayons ultraviolets et infrarouges de l'arc.
- Portez des vêtements ignifuges couvrant toutes les parties exposées du corps.
- Portez des pantalons sans revers (ou « coffres ») pour éviter que les étincelles ou les scories puissent s'y loger.
- Retirez de vos poches tous les objets combustibles, tels les briquets ou les allumettes, avant le coupage.

Diapo 11: Mise à la terre (diapo de révision)

- Fixez solidement le câble de retour sur la pièce à tailler en vous assurant d'un bon contact métal-métal.
- Ne fixez pas le câble à la partie de la pièce qui se détachera et tombera une fois la coupe terminée.

Diapo 12: Équipements de gaz comprimé (diapo de révision)

- N'utilisez que les bouteilles de gaz, les régulateurs, les tuyaux et les raccords conçus expressément pour cette utilisation spécifique.

Diapo 13: Bruit (diapo de révision)

Une exposition prolongée à de hautes intensités de bruit peuvent entraîner des problèmes auditifs.

- Si nécessaire, utilisez un protecteur auditif homologué lorsque vous utilisez un système plasma.
- Prévenez les personnes avoisinantes des risques liés au bruit.

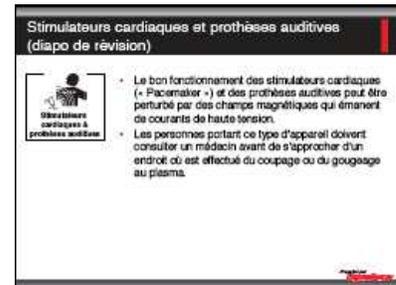
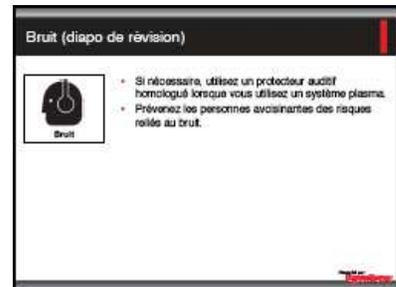
Diapo 14: Stimulateurs cardiaques et prothèses auditives (diapo de révision)

Le bon fonctionnement des stimulateurs cardiaques (« Pacemaker ») et des prothèses auditives peut être perturbé par des champs magnétiques qui émanent de courants de haute tension.

- Les personnes portant ce type d'appareil doivent consulter un médecin avant de s'approcher d'un endroit où est effectué du coupage ou du gougeage au plasma.

Diapo 15: Informations supplémentaires concernant la sécurité

- Pour plus d'informations concernant la sécurité, vous pouvez consulter les différentes sources mentionnées sur cette diapositive.



Exercice sur la sécurité

Objectif : *Consolider la compréhension des principales consignes de sécurité, renforcer l'importance accordée aux équipements de protection individuelle (ÉPI) et instituer une attitude de « sécurité d'abord ».*

Temps : 5 minutes

Notes pour l'animateur : *à chaque diapositive, demandez aux étudiants non seulement d'identifier « Qu'est-ce qui ne va pas dans cette image ? », mais aussi « Pourquoi ? ». Les bonnes réponses sont indiquées ci-dessous.*



Diapo 16: Exercice sur la sécurité (Photo #1) – *Couper près de matériaux inflammables = risques d'explosion/gaz comprimé.*

Diapo 17: Exercice sur la sécurité (Photo #2) – *Visage dans les vapeurs et la zone d'étincelles = risques d'inhalation et de brûlures.*

Diapo 18: Exercice sur la sécurité (Photo #3) – *Gants non adéquats, protection des yeux ! = Risques pour les yeux.*

Diapo 19: Exercice sur la sécurité (Photo #4) – *Le connecteur de pièce est fixé sur la partie qui sera détachée = risques vs mise à la terre. Item d'apprentissage : le connecteur de pièce donne au courant un endroit où circuler dans la pièce – si le connecteur est fixé sur la partie qui se détache, une fois celle-ci tombée, il ne restera sur la table qu'un morceau de métal très électrisé.*

Diapo 20: Exercice sur la sécurité (Photo #5) – *Trous dans les gants = possibilité pour l'opérateur de faire partie du circuit électrique.*

Diapo 21: Exercice sur la sécurité (Photo #6) – *L'opérateur tient la mauvaise pièce et ne porte pas de gants = risques de chocs électriques.*

Diapo 22: Exercice sur la sécurité (Photo #7) – *Mauvaise connexion de la mise à la terre.*

Diapo 23: Exercice sur la sécurité (Photo #8) – *Le panneau du système est ouvert = risques de chocs électriques.*

Diapo 24: Exercice sur la sécurité (Photo #9) – *L'opérateur ne porte pas de gants.*

Diapo 25: Exercice sur la sécurité (Photo #10) – *L'opérateur ne porte pas de veste = Risques de brûlures à l'arc plasma sur la peau.*

Diapo 26: Exercice sur la sécurité (Photo #11) – *Le masque de l'opérateur est relevé = risques pour les yeux et la peau.*

Diapo 27: Exercice sur la sécurité (Photo #12) – *Le masque est baissé, mais les verres sont relevés = risques pour les yeux.*

Diapo 28: Exercice sur la sécurité (Photo #13) – *L'opérateur ne surveille pas le coupage.*

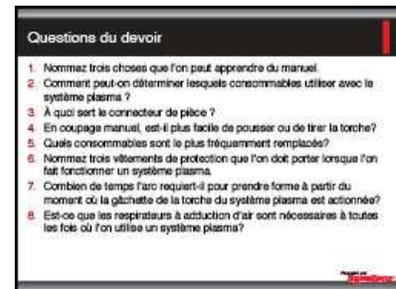
Diapo 29: Exercice sur la sécurité (Photo #14) – *Sur cette image, presque tout est une erreur à éviter! = Risques d'incendie (couper une bouteille de propane), de chocs électriques, de vapeurs toxiques, de brûlures à l'arc plasma et risques pour les yeux et la peau.*

Synthèse

Objectif : Récapitulation et révision de la leçon.

Temps : 5 minutes

Notes pour l'animateur : Le devoir présenté à la page suivante permettra aux étudiants de mettre en pratique ce qu'ils ont appris durant la leçon. La clé de correction du devoir ainsi que certains éléments de révision sont donnés au début de la leçon suivante.



Diapo 30: Synthèse et survol des questions de révision

Cette diapositive présente les questions du devoir pour cette session. Si vous choisissez de ne pas donner le devoir, vous voudrez peut-être alors revoir rapidement ces questions à la fin du cours.

Si vous choisissez de donner le devoir, remettez la page de questions de révision et demandez aux étudiants de la compléter avant le début du cours suivant.

Technologie de coupage au plasma: théorie et pratique

Devoir #4: Utilisation sécuritaire d'un système plasma

1. Nommez trois choses que l'on peut apprendre du manuel.
Réponses possibles : informations sur la garantie, consignes de sécurité, spécifications de l'appareil, installation de la source de courant, préparation de la torche et des consommables, le fonctionnement de l'appareil, l'entretien, la réparation et la liste des pièces.
2. Comment peut-on déterminer lesquels consommables utiliser avec le système plasma ?
En consultant les tableaux dans le manuel.
3. À quoi sert le connecteur de pièce ?
À faire la mise à la terre adéquate de la pièce à tailler.
4. En coupage manuel, est-il plus facile de pousser ou de tirer la torche?
Il est plus facile de tirer, ou traîner, la torche le long de la pièce.
5. Quels consommables sont le plus fréquemment remplacés?
L'électrode et la buse.
6. Nommez trois vêtements de protection que l'on doit porter lorsque l'on fait fonctionner un système plasma.
Réponses possibles : bottes et gants isolants, protection des yeux et vêtements ignifuges.
7. Combien de temps l'arc requiert-il pour prendre forme à partir du moment où la gâchette de la torche du système plasma est actionnée?
L'arc plasma se forme pour ainsi dire instantanément.
8. Est-ce que les respirateurs à adduction d'air sont nécessaires à toutes les fois où l'on utilise un système plasma?
Non – le plasma en lui-même ne produit pas de gaz toxiques. Cependant, les matériaux qui sont coupés peuvent être une source de vapeurs toxiques ou de gaz qui appauvrissent l'air en oxygène. Contrôlez ou testez la qualité de l'air sur le site au besoin et portez un respirateur à adduction d'air si vous coupez des métaux revêtus d'éléments toxiques ou ayant un revêtement qui en contient ou est soupçonné d'en contenir.

Technologie de coupage au plasma: théorie et pratique

Devoir #4: Utilisation sécuritaire d'un système plasma

1. Nommez trois choses que l'on peut apprendre du manuel.

2. Comment peut-on déterminer lesquels consommables utiliser avec le système plasma ?

3. À quoi sert le connecteur de pièce ?

4. En coupage manuel, est-il plus facile de pousser ou de tirer la torche?

5. Quels consommables sont le plus fréquemment remplacés?

6. Nommez trois vêtements de protection que l'on doit porter lorsque l'on fait fonctionner un système plasma.

7. Combien de temps l'arc requiert-il pour prendre forme à partir du moment où la gâchette de la torche du système plasma est actionnée?

8. Est-ce que les respirateurs à adduction d'air sont nécessaires à toutes les fois où l'on utilise un système plasma?

Session 5: Le maniement d'un système plasma

Durant cette leçon, vous ferez l'exposé tout d'abord de la définition des termes les plus courants de la terminologie, ensuite vous présenterez la mise en marche et le fonctionnement du système plasma, pour finalement compléter la matière sur la façon d'exécuter une coupe avec décrochage.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction/Révision	5 minutes
Terminologie courante.....	5 minutes
Mise en marche et maniement de l'appareil.....	15 minutes
Réaliser une coupe avec décrochage.....	20 minutes
Synthèse.....	5 minutes
Temps total :	50 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

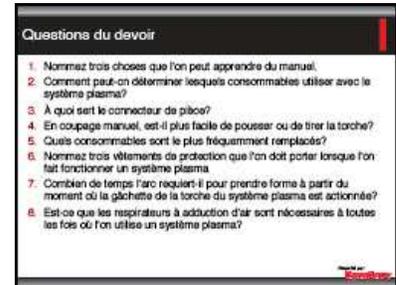
1. Téléchargez les diapositives PowerPoint dans le bon ordinateur pour la projection; ensuite, vérifiez que les images projetées soient visibles de tous les étudiants dans la classe.
2. Les étudiants exécuteront une coupe avec décrochage pendant cette session, donc assurez-vous d'avoir préparé tout le matériel suivant avant que la session ne débute :
 - Le système plasma ainsi que tous les raccords nécessaires (air, courant, mise à la terre).
 - Des lunettes de protection pour chaque personne de la classe.
 - Au moins un ÉPI complet (préférentiellement deux ou plus).
 - Une copie de la « Fiche de préparation rapide » fournie avec ce cours.
 - Assez d'acier au carbone pour 50 coupes rectilignes ou plus (recommandé : au moins 3 pieds (90 cm) par 1 pied (30 cm)).
3. Faire une copie du devoir pour chacun des étudiants de la classe.

Introduction

Objectif : Faire la révision du contenu de la leçon précédente et consolider la matière apprise.

Temps : 5 minutes

Les questions du devoir de la session 4, de même que les bonnes réponses, sont données ici :



1. Nommez trois choses que l'on peut apprendre du manuel.

Réponses possibles : informations sur la garantie, consignes de sécurité, spécifications de l'appareil, installation de la source de courant, préparation de la torche et des consommables, le fonctionnement de l'appareil, l'entretien, la réparation et la liste des pièces.

2. Comment peut-on déterminer lesquels consommables utiliser avec le système plasma ?

En consultant les tableaux dans le manuel.

3. À quoi sert le connecteur de pièce ?

À faire la mise à la terre adéquate de la pièce à tailler.

4. En coupage manuel, est-il plus facile de pousser ou de tirer la torche?

Il est plus facile de tirer, ou traîner, la torche le long de la pièce.

5. Quels consommables sont le plus fréquemment remplacés?

L'électrode et la buse.

6. Nommez trois vêtements de protection que l'on doit porter lorsque l'on fait fonctionner un système plasma.

Réponses possibles : bottes et gants isolants, protection des yeux et vêtements ignifuges.

7. Combien de temps l'arc requiert-il pour prendre forme à partir du moment où la gâchette de la torche du système plasma est actionnée?

L'arc plasma se forme pour ainsi dire instantanément.

8. Est-ce que les respirateurs à adduction d'air sont nécessaires à toutes les fois où l'on utilise un système plasma?

Non – le plasma en lui-même ne produit pas de gaz toxiques. Cependant, les matériaux qui sont coupés peuvent être une source de vapeurs toxiques ou de gaz qui appauvrissent l'air en oxygène. Contrôlez ou testez la qualité de l'air sur le site au besoin et portez un respirateur à adduction d'air si vous coupez des métaux revêtus d'éléments toxiques ou ayant un revêtement qui en contient ou est soupçonné d'en contenir.

Terminologie courante

Objectif : Transmission et/ou revue de la terminologie courante en coupage plasma.

Temps : 5 minutes

Notes pour l'animateur : Dans la portion restante du cours, les étudiants se feront demander d'exécuter quelques séries de coupes. Il sera attendu d'eux qu'ils connaissent la terminologie associée à chaque type de coupe, ainsi que certains termes courants utilisés en coupage et en soudage. Comme plusieurs de vos étudiants peuvent être déjà familiers avec cette terminologie, présentez ce segment comme un exercice de revue amusant au lieu de procéder à la lecture magistrale de celui-ci.

Pour cet exercice, affichez tout d'abord la diapositive et demandez ensuite à la classe de nommer le terme montré ou illustré par la photo. Lorsque les étudiants se sont prononcés, appuyez sur le bouton de la souris pour faire apparaître le terme et sa définition à l'écran. Passez ensuite à la diapositive suivante pour le prochain terme.

Les termes et les définitions composant cet exercice de revue sont donnés ci-dessous (en ordre d'apparition dans le jeu de diapositives PowerPoint) :

Diapo 2: Torche

La partie du système plasma qui est utilisée pour faire le coupage comme tel.

Diapo 3: Coupe avec décrochage

Une coupe dont une partie de la pièce à tailler se détache entièrement de la pièce principale.

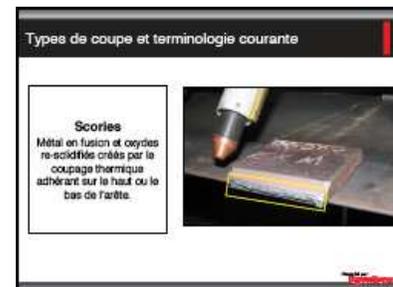
Diapo 4: Scories

Métal en fusion et oxydes re-solidifiés créés par le coupage thermique sur le haut ou le bas de l'arête.

Diapo 5: Coupe à main levée

Coupe effectuée sans l'aide d'une règle ou d'un gabarit.

Item d'apprentissage : demandez à la classe de trouver sur cette image le problème relatif à la sécurité (pas de gants).



Diapo 6: Hafnium

Le métal couramment utilisé en tant qu'émetteur d'électrons lorsque l'air ou l'oxygène est le gaz plasmagène.

Diapo 7: Coupe avec guide ou gabarit

Coupe effectuée avec l'aide d'une règle ou d'un gabarit afin de guider le coupage selon un tracé prédéfini.

Diapo 8: Gougeage

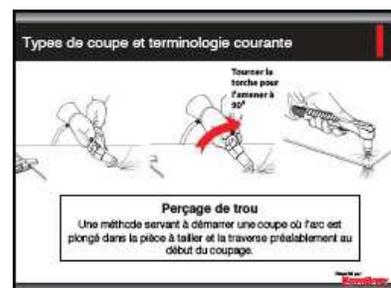
Enlever du métal d'une surface sans qu'il n'y ait pénétration complète ; employé pour enlever de vieilles soudures ou pour préparer la surface en vue du soudage.

Diapo 9: Buse

Une pièce consommable de la torche qui contient un orifice, ou un trou, au travers duquel l'arc est acheminé.

Diapo 10: Perçage de trou

Une méthode servant à démarrer une coupe où l'arc est plongé dans la pièce à tailler et la traverse préalablement au début du coupage.



Diapo 11: Électrode

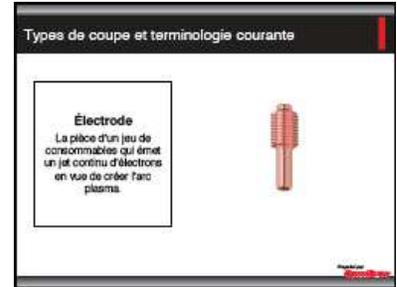
La pièce d'un jeu de consommables qui émet un jet continu d'électrons en vue de créer l'arc plasma.

Diapo 12: Chanfreinage ou coupe en biseau

La technique de coupage où la torche est inclinée pour produire un angle sur le bord de la pièce coupée.

Diapo 13: Saignée (ou trait)

Le vide laissé par l'enlèvement linéaire de matière pour n'importe quel procédé de coupage ; par exemple, le vide laissé par la largeur d'une scie lors de la coupe de bois.



Mise en marche de l'appareil

Objectif : Illustrer la mise en marche et le réglage adéquat du Powermax45.

Temps : 20 minutes

Avant de démarrer la vidéo, distribuez la Fiche de préparation rapide du PMX45 qui présente les instructions étape par étape pour la mise en marche et le maniement du système plasma. Cette fiche donne un résumé des informations présentées dans la vidéo. Demandez aux étudiants de suivre sur la fiche au fur et à mesure.



Diapo 14: Mise en marche de l'appareil

Un sommaire des informations présentées dans la vidéo est donné au cours des pages qui suivent :

Préalablement à l'étape 1, vérifiez que l'alimentation est bien coupée et que l'appareil n'est pas sous tension ou, s'il s'agit d'un modèle de source de courant avec cordon d'alimentation et fiche, vérifiez que la fiche est bien débranchée de la prise de courant.

Étape 1: Vérifiez que les consommables de la torche ont été installés correctement.

- Dévissez la buse de protection pour ensuite retirer les pièces qui se trouvent à l'intérieur.
- Remplacez les pièces en commençant par insérer l'électrode, suivie du diffuseur et ensuite de la buse.

Vissez la buse de protection en place en serrant à la main ; il ne faut pas trop la serrer car ceci pourrait endommager les consommables.

Étape 2: Branchez le faisceau de torche sur le panneau avant de la source de courant.

Étape 3: Raccordez le gaz.

- Tirez vers l'arrière le collier de branchement rapide du tuyau d'alimentation de gaz et mettez en place le raccord à déconnexion rapide.
- Le gaz peut être de l'air comprimé, de l'air en bouteille ou de l'azote en bouteille.
- L'air devrait être filtré pour y retirer toutes les saletés, l'eau et l'huile parce que les contaminants peuvent endommager la source de courant, la torche et les consommables.
- Pression de gaz minimale : 80 psi ou 5.5 bar
Pression de gaz maximale : 100 psi ou 6.9 bar

Étape 4: Mettez le système sous tension.

- Branchez la fiche du cordon d'alimentation dans la bonne prise de courant.
- Mettez le système sous tension en plaçant l'interrupteur à « I » (« On »).
- Le voyant de tension à l'avant du système s'allumera.

Pour les spécifications concernant la tension d'entrée, consultez la plaque signalétique au dessous de la source de courant ou consultez le manuel.

Étape 5: Réglez le sélecteur de mode.

Placez le sélecteur de mode au milieu pour le coupage de tôles ou de plaques.

Étape 6: Réglez la pression de gaz.

- Si le voyant de la barre-manomètre est vert, la pression de gaz est ajustée correctement.
- Si le voyant est jaune, la pression de gaz a besoin d'ajustement.
- Pour ajuster la pression de gaz, tournez en sens antihoraire le bouton d'intensité de courant jusqu'au bout pour le placer à la position « essai de gaz ».
- Ensuite, tirez le bouton du détendeur de pression pour le déverrouiller.
- Tournez le bouton du détendeur de pression jusqu'à ce que le voyant apparaisse en vert au centre de la barre-manomètre.

Ensuite, poussez sur le bouton du détendeur de pression pour le verrouiller.

Étape 7: Ajustez l'intensité de courant.

- Placez le bouton d'intensité de courant à 45A pour obtenir la pleine puissance de coupage.
- Si vous coupez un métal plus mince, l'intensité de courant peut être abaissée pour obtenir une meilleure qualité de coupe et allonger la durée de vie des consommables.

Les voyants de température, d'anomalie et du capteur de buse de la torche ne devraient pas être allumés.

Étape 8: Fixez le connecteur de pièce.

- Fixez le connecteur de pièce solidement sur la pièce à tailler, ou sur la table de coupe, près de l'endroit où la coupe sera effectuée.
- La rouille, la peinture ou les revêtements doivent être enlevés afin de s'assurer que le connecteur de pièce fasse un bon contact électrique.

Le connecteur de pièce ne doit jamais être fixé sur la partie de métal qui se détachera.

Étape 9: Utilisation du système plasma.

- Évitez les amorçages inutiles, car ils réduisent la durée de vie de l'électrode et de la buse.

Pour effectuer un amorçage à partir de l'arête et une coupe avec décrochage.

- Tenez la torche verticalement (perpendiculaire à la pièce), tout juste à côté du bord de la pièce.
- Le blindage (ou protecteur) peut être placé directement sur la pièce pour un coupage plus facile.
- Faites basculer la gâchette de sécurité jaune vers l'avant et appuyez ensuite sur la gâchette rouge de la torche.
- L'arc pilote se transfère sur la pièce à tailler et devient l'arc de coupage.
- Prenez le temps nécessaire sur le bord pour permettre à l'arc de traverser complètement la pièce avant de poursuivre avec la coupe.
- Traînez la torche de manière uniforme pour couper.

Lorsque vous arrivez à la fin de la coupe, tournez légèrement la main tenant la torche vers l'avant en soulevant votre poignet. Ceci placera l'angle de la torche vers la direction de coupe, permettant ainsi à l'arc de sectionner complètement le matériau.

La vitesse de déplacement adéquate

- Maintenir une vitesse de déplacement appropriée est la clé du succès en coupage.
- Surveillez l'arc sous la plaque : les étincelles devraient jaillir derrière le point de coupe avec un angle de 15° à 30° de décalage (par rapport à la verticale).
- Si les étincelles jaillissent verticalement, alors la vitesse est trop lente.

- Si les étincelles jaillissent perpendiculairement à la coupe ou vers le haut de la pièce, alors la vitesse est trop rapide ou bien le système n'est pas assez puissant.

Les lignes de traînée sur la surface de la coupe complétée devraient également avoir un angle de 15° à 30°.

Coupage avec guide (coupage au gabarit)

- Un guide de coupage plasma, une règle droite ou un gabarit peuvent être utilisés pour guider la torche.

La distance entre le centre et le bord du blindage doit être tenue en compte au moment de fabriquer un gabarit ou de placer la règle.

Coupe en biseau

Si vous coupez en biseau ou en chanfrein, que ce soit avec un guide de coupage ou à main levée, souvenez-vous que l'épaisseur de matériau à couper augmente proportionnellement avec l'angle de biseau.

Perçage

- La capacité de perçage d'un système est généralement égale à la moitié de sa capacité de coupe maximale.
- En fonction de l'épaisseur de métal à percer et du système utilisé, il existe deux méthodes de perçage :
 - Si vous percez un métal mince, tenez la torche perpendiculaire à la pièce à tailler et appuyez sur la gâchette pour transférer l'arc.
 - Si vous percez un métal épais, tenez la torche à un angle de 45° de manière à ce que la buse soit à l'intérieur de 1/8" (3.2mm) de distance de la pièce à tailler ; appuyez sur la gâchette pour transférer l'arc, ensuite faites faire une lente rotation à la torche pour ramener l'arc en position verticale.
- Pour les deux méthodes, lorsque les étincelles jaillissent en dessous de la pièce, le métal a donc été percé et alors le coupage peut débuter.

Afin de prolonger la durée de vie des consommables, il est recommandé d'utiliser la deuxième méthode en vue de minimiser les dommages causés aux consommables par les éclaboussures de métal en fusion.

Couper du métal déployé

- Pour couper du métal déployé (grilles) ou pour une application ayant des coupes interrompues, placez le sélecteur de mode à « coupage de métal déployé », ce qui est la position du haut.
- Ceci permet au système de ré-amorcer automatiquement l'arc pilote sans avoir à manipuler la gâchette à chaque fois.

Pour couper, suivez simplement les instructions mentionnées pour le coupage d'une plaque.

Gougeage

- Pour gouger, premièrement mettez le système hors tension, installez les consommables de gougeage et ensuite redémarrez le système.
- Placez le sélecteur de mode à « gougeage », ce qui est la position du bas.
- Ensuite, pour obtenir un arc plus large et plus diffus pour le gougeage, tournez le bouton d'intensité de courant jusqu'au bout en sens antihoraire pour le placer à la position « essai de gaz ».

- Après cela, tirez sur le bouton du détenteur de pression pour le déverrouiller, tournez le bouton jusqu'à ce que le voyant apparaisse en vert au milieu de la barre-manomètre et enfin poussez le bouton de manière à le verrouiller.
- Placez le bouton d'intensité de courant à 45A pour obtenir la pleine puissance de gougeage.
- Tenez la torche à un angle de 45° par rapport à la pièce à gouger, avec un petit espace entre l'extrémité de la torche et la pièce, et ensuite appuyez sur la gâchette pour transférer l'arc.
- Maintenez cet angle et déplacez lentement la torche le long de la pièce pour enlever le métal ou les soudures non désirés.
- Si vous désirez une gouge moins profonde, diminuez l'angle de la torche.
Pour une gouge plus profonde, augmentez l'angle de la torche ou effectuez des passages additionnels.

Optimisation du système

- La qualité de coupe et la durée de vie des consommables sont deux facteurs très importants pour les opérateurs.
- Pour s'assurer que les consommables de la torche durent aussi longtemps qu'ils ont été conçus de le faire tout en fonctionnant selon les spécifications du fabricant, suivez les instructions sur cette vidéo, consultez les chartes de coupe fournies pour les réglages adéquats et respectez les consignes d'entretien et de maintenance.
- Une série de facteurs influencent la durée de vie des consommables comme par exemple la qualité de l'air, la technique de perçage, la longueur de coupe moyenne, l'expertise de l'opérateur, l'épaisseur et les types de matériaux.
- Une diminution des performances et de la qualité de coupe du système est souvent causée par une mauvaise qualité d'air, donc assurez-vous de maintenir l'air propre, sec et exempt d'huile.

Accessoires

Les fabricants offrent également une grande variété d'accessoires, tels que :

- Des filtres à air
- Des guides de coupage plasma
- Des gaines de cuir pour les torches
- Des housses pour les systèmes
- Des écrans faciaux et autres protecteurs pour les yeux et le visage
- Des gants

Need help? Avez-vous besoin d'aide?

Allevatais agitat!

First, contact your distributor.

If you need additional assistance, you can contact Hypertherm Technical Service.

Consacrar d'abord voire distributeur.

Pour toute aide supplémentaire, communiquez avec le service technique d'Hypertherm.

Primeru conacra eu distributeur.

Si necesita más ayuda, puestas puestas en contacto con el Servicio Técnico de Hypertherm.

Hypertherm powermax*4:1*



Quick Setup Card Fiche de préparation rapide Tarjeta de establecimiento rápido

806 100 – Revisión 0

Hypertherm

Technical Service

technical@hypertherm.com

USA

800-443-4878 (USA only)

801-443-2441 ext. 1770 TW

801-443-4809 SW

Spain

35 11 9482 1037 TW

35 11 9482 0561 SW

European Technical Support Organization

technical@hypertherm.com

Germany

49 51 81 25 2125 TW

49 51 81 25 2124 SW

Italy

39 02 725 48 214 TW

39 02 725 48 493 SW

The Netherlands

00 030 40 73 1540 TW line

31 185 598500 TW

31 185 598501 SW

© Copyright 2006 Hypertherm, Inc. All rights reserved.
Hypertherm and Powermax are trademarks of Hypertherm, Inc. and may be
registered in the United States and/or other countries.

Hypertherm powermax*4:1*

Quick Setup Card

Fiche de préparation rapide

Tarjeta de establecimiento rápido



Warning: Read the Operator Manual thoroughly.

Follow the safety instructions.

Do not connect the power until indicated in Step 4.

The Operator Manual contains detailed information about your machine's features and important warnings about operation and maintenance safety.

This card gives you a brief overview of your system's setup requirements. It does not contain all the information needed to operate your machine safely and it is not a substitute for the Operator Manual.



Avertissement: Lire attentivement le manuel de l'opérateur.

Suivre les instructions relatives à la sécurité.

Ne pas brancher tant que cela n'est pas indiqué à l'étape 4.

Le manuel de l'opérateur contient des renseignements détaillés sur les fonctions de votre système et des avertissements importants relatifs à la sécurité et au fonctionnement de la machine.

Cette fiche donne une vue globale brève des exigences d'installation de votre système. Elle ne contient pas tous les renseignements nécessaires pour faire fonctionner votre machine en toute sécurité et elle ne remplace pas le manuel de l'opérateur.



Advertencia: Lea el Manual del Operario completamente.

Siga las instrucciones de seguridad.

No conecte a la potencia prima hasta lo indicado en el paso 4.

El Manual del Operario contiene información detallada acerca de las características de su sistema y advertencias importantes acerca de la seguridad de operación y mantenimiento.

Esta tarjeta da una visión total breve de los requisitos de establecimiento inicial de su sistema. No contiene toda la información necesaria para operar su máquina con seguridad y no es un sustituto para el Manual del Operario.

1 Check the contents

Verifier la contenu

Verifique el contenido



Operator Manual

Manuel de l'opérateur

Manual de operario

Mano de instrucciones

2 Check the consumables

Verifier des consommables

Verifique los consumibles



Step 4:1

3 Connect the torch lead

Connecter le faisceau de la torche

Conecte el cable de la antorcha



Hand tighten only

Serre à la main

Apriado a mano

4 Connect the torch lead

Connecter le faisceau de la torche

Conecte el cable de la antorcha



Hand tighten only

Serre à la main

Exécution d'une coupe avec décrochage

Objectif : Établir la confiance de chacun en coupage plasma à main levée par l'expérimentation de la technique, des changements de vitesse de coupe, des changements d'angle de torche, etc. Revoir et pratiquer le réglage de l'appareil ainsi que l'emploi approprié des ÉPI.

Temps : 25 - 30 minutes

Matériel :

1. Un système plasma avec tous les raccordements nécessaires (air, courant, mise à la terre).
 2. Des lunettes de sécurité pour chaque personne de la classe.
 3. Au moins un ensemble complet d'ÉPI (préférentiellement 2 ou plus).
 4. Des copies de la « Fiche de préparation rapide ».
 5. Assez d'acier au carbone pour 50 coupes rectilignes et plus (recommandé : au moins 3 pieds (90 cm) par 1 pied (30 cm)).
- *Veillez noter que nous recommandons aussi de donner la chance à vos étudiants de s'exercer à faire des coupes sur l'aluminium et l'acier inoxydable, si possible.*

Directives:

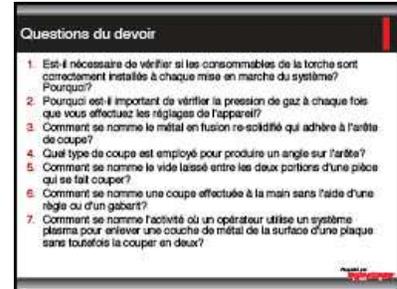
- Transportez le système jusqu'à l'aire de coupage dans l'atelier.
- Simulez la mise en marche du système ; les étudiants passent ensuite à chacun leur tour avec la « Fiche de préparation rapide » sur le système pour préparer celui-ci en vue du coupage plasma.
- Passez en revue la technique de coupe avec décrochage au profit du groupe, en faisant la démonstration de la vitesse de coupe et de l'angle de la torche SANS réellement couper – laissez la partie amusante à la classe cette fois-ci !
- Le premier candidat revêt les ÉPI au complet et vérifie ensuite que le système est prêt pour le coupage.
- Vérifiez que tous portent leurs lunettes de sécurité avant que le coupage ne débute. Faites un rappel à la classe sur la sécurité concernant les observateurs (la distance à respecter pour se prémunir des étincelles, il faut conserver la protection pour les yeux en tout temps durant le coupage, etc.).
- Chaque étudiant aura la chance de réaliser 2 ou 3 coupes avec décrochage.
- Le reste de la classe observe l'étudiant qui coupe pour donner une rétroaction constructive.
- Après chaque coupe, faites une pause et révisez la technique avec toute la classe. Faites ressortir les éléments qui ont été bien exécutés AVANT d'émettre les suggestions ou ajustements à faire.

Synthèse

Objectif : Récapitulation et révision de la leçon.

Temps : 5 minutes

Notes pour l'animateur : Le devoir présenté à la page suivante permettra aux étudiants de mettre en pratique ce qu'ils ont appris durant la leçon. La clé de correction du devoir ainsi que certains éléments de révision sont donnés au début de la leçon suivante.



Diapo 15: Synthèse et survol des questions de révision

Cette diapositive présente les questions du devoir pour cette session. Si vous choisissez de ne pas donner le devoir, vous voudrez peut-être alors revoir rapidement ces questions à la fin du cours.

Si vous choisissez de donner le devoir, remettez la page de questions de révision et demandez aux étudiants de la compléter avant le début du cours suivant.

Technologie de coupage au plasma : théorie et pratique

Devoir #5: Le maniement d'un système plasma

1. Est-il nécessaire de vérifier si les consommables de la torche sont correctement installés à chaque mise en marche du système ? Pourquoi ?
Oui – particulièrement lors de situations où les opérateurs se partagent les appareils : les consommables auraient pu être changés ou remplacés incorrectement. De plus, les consommables doivent être vérifiés pour l'usure régulièrement.
2. Pourquoi est-il important de vérifier la pression de gaz à chaque fois que vous effectuez les réglages de l'appareil ?
Un réglage inadéquat du gaz diminue la qualité de coupe et la durée de vie de vos consommables.
3. Comment se nomme le métal en fusion re-solidifié qui adhère à l'arête de coupe ?
Les scories.
4. Quel type de coupe est employé pour produire un angle sur l'arête ?
Une coupe en biseau.
5. Comment se nomme le vide laissé entre les deux portions d'une pièce qui se fait couper ?
La saignée.
6. Comment se nomme une coupe effectuée à la main sans l'aide d'une règle ou d'un gabarit ?
Une coupe à main levée.
7. Comment se nomme l'activité où un opérateur utilise un système plasma pour enlever une couche de métal de la surface d'une plaque sans toutefois la couper en deux ?
Le gougeage.

Technologie de coupage au plasma : théorie et pratique

Devoir #5: Le maniement d'un système plasma

1. Est-il nécessaire de vérifier si les consommables de la torche sont correctement installés à chaque mise en marche du système ? Pourquoi ?

2. Pourquoi est-il important de vérifier la pression de gaz à chaque fois que vous effectuez les réglages de l'appareil ?

3. Comment se nomme le métal en fusion re-solidifié qui adhère à l'arête de coupe ?

4. Quel type de coupe est employé pour produire un angle sur l'arête ?

5. Comment se nomme le vide laissé entre les deux portions d'une pièce qui se fait couper ?

6. Comment se nomme une coupe effectuée à la main sans l'aide d'une règle ou d'un gabarit ?

7. Comment se nomme l'activité où un opérateur utilise un système plasma pour enlever une couche de métal de la surface d'une plaque sans toutefois la couper en deux ?

Session 6: Évaluer la qualité d'une coupe

Au cours de cette leçon, vous présenterez les différents critères utilisés pour évaluer les coupes. Ensuite, vous poursuivrez avec l'évaluation de la qualité des coupes effectuées lors de la leçon précédente en appliquant ces mêmes critères. Il est à noter que ces critères seront également utilisés au cours des leçons suivantes pour évaluer la qualité des coupes effectuées par les étudiants, et ce, pour tout le reste de cette formation.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction/Révision	5 minutes
Principaux facteurs affectant la qualité de coupe	10 minutes
Exercice sur l'évaluation de la qualité de coupe.....	20 minutes
Autres solutions de dépannage (incluant la révision).....	10 minutes
Synthèse.....	5 minutes
Temps total :.....	50 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

1. Télécharger les diapositives PowerPoint dans le bon ordinateur pour la projection; ensuite, vérifiez que les images projetées soient visibles par tous les étudiants dans la classe.
2. Faire une copie du formulaire de l'exercice « Évaluation de la qualité de coupe » pour chacun des étudiants de la classe.
3. Faire une copie de l'exercice sur le dépannage pour chacun des étudiants de la classe.
4. Faire une copie du devoir pour chacun des étudiants de la classe.

Introduction

Objectif : Faire la révision du contenu de la leçon précédente et consolider la matière apprise.

Temps : 5 minutes

Les questions du devoir de la session 5, de même que les bonnes réponses, sont données ici :

1. Est-il nécessaire de vérifier si les consommables de la torche sont correctement installés à chaque mise en marche du système ? Pourquoi ?

Oui – particulièrement lors de situations où les opérateurs se partagent les appareils : les consommables auraient pu être changés ou remplacés incorrectement. De plus, les consommables doivent être vérifiés pour l'usure régulièrement.

2. Pourquoi est-il important de vérifier la pression de gaz à chaque fois que vous effectuez les réglages de l'appareil ?

Un réglage inadéquat du gaz diminue la qualité de coupe et la durée de vie de vos consommables.

3. Comment se nomme le métal en fusion re-solidifié qui adhère à l'arête de coupe ?

Les scories.

4. Quel type de coupe est employé pour produire un angle sur l'arête ?

Une coupe en biseau.

5. Comment se nomme le vide laissé entre les deux portions d'une pièce qui se fait couper ?

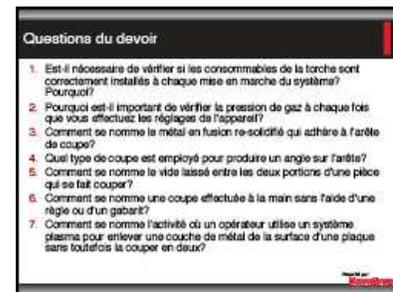
La saignée.

6. Comment se nomme une coupe effectuée à la main sans l'aide d'une règle ou d'un gabarit ?

Une coupe à main levée.

7. Comment se nomme l'activité où un opérateur utilise un système plasma pour enlever une couche de métal de la surface d'une plaque sans toutefois la couper en deux ?

Le gougeage.



Principaux facteurs affectant la qualité de coupe

Objectif : Présenter les trois principaux facteurs qui affectent la qualité de coupe : la quantité de scories, l'angle de la coupe et la surface de la coupe.

Temps : 10 minutes, incluant l'exercice

Diapo 2: Évaluer la qualité de coupe

Il y a trois principaux facteurs à considérer lorsque vient le temps d'évaluer la qualité d'une coupe :

- La quantité de scories, c'est à dire la matière en fusion qui se re-solidifie sur le dessus ou le dessous de la pièce coupée.
- L'angle de la coupe, c'est à dire le degré d'angularité de la surface de la coupe.
- La surface de la coupe : la surface de la coupe peut être concave ou convexe et peut avoir un fini de surface qui varie (autant en terme de rectitude qu'en terme de texture) ; le coupage plasma manuel produit en général une surface de coupe plus rugueuse que le plasma mécanisé.



Diapo 3: Les scories

- Il faut se souvenir que les scories sont des oxydes et du métal en fusion re-solidifiés qui adhèrent à la pièce au haut ou au bas de l'arête de coupe pendant le coupage thermique.
- Il y a toujours une certaine quantité de scories engendrées lorsque l'on coupe au plasma air.
- Une quantité excessive de scories est causée principalement par une vitesse de déplacement de la torche trop rapide ou trop lente pour le type de matériau qui se fait couper.



Diapo 4: La vitesse de déplacement appropriée

- Lorsque vous coupez à la bonne vitesse, les étincelles devraient jaillir en dessous de la pièce taillée avec un léger angle de décalage derrière la torche de 15° à 30° par rapport à la verticale ; ceci est difficile à constater par vous-mêmes : il serait donc préférable d'avoir quelqu'un qui observe pour vous et vous donne l'information pendant que vous coupez.
- Si les étincelles jaillissent par le haut, la torche se déplace alors trop rapidement ; ceci est parfois appelé une « queue de coq ».
- Si les étincelles surgissent en dessous de la coupe, mais plus près de la verticale que recommandé, alors ceci veut dire que la torche se déplace trop lentement.

Diapo 5: La vitesse de déplacement appropriée (suite)

- Les lignes de traînée sur la face de coupe indiquent si votre vitesse était appropriée ; les lignes de traînée ont l'apparence d'une courbe en « s » sur la face de coupe.
- Voici comment mesurer l'angle des lignes de traînée :
 - Choisissez un endroit à peu près au milieu de votre coupe. Tracez une ligne droite verticale. Ceci sera votre ligne de référence.
 - Ensuite, trouvez la ligne de traînée qui commence dans le haut de votre ligne verticale. Tracez une ligne droite entre le début et la fin de cette ligne de traînée.
 - Utilisez un rapporteur d'angle pour mesurer cet angle. Vos lignes de traînée devraient idéalement se situer entre 15° et 30° de la verticale.



Diapo 6: Minimiser les scories de basse vitesse

- Les scories de basse vitesse se forment lorsque la vitesse de coupage de la torche est trop lente et que l'arc se trouve ainsi à pointer vers l'avant.
- Cela forme généralement au bas de la coupe un important dépôt plein de bulles de gaz pouvant être enlevé assez facilement.
- Si ceci apparaît, augmentez la vitesse de coupe.



Diapo 7: Minimiser les scories de haute vitesse

- Les scories de haute vitesse se forment lorsque la vitesse de coupage de la torche est trop rapide et que l'arc se trouve à décaler vers l'arrière.
- Ces scories ont la forme d'un mince cordon linéaire de métal solide déposé très près de la coupe ; celui-ci est soudé au bas de la coupe et est très difficile à enlever.
- Si ceci apparaît, ralentissez la vitesse de coupe ou diminuez la distance torche-pièce.



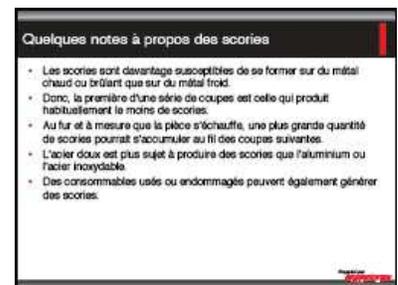
Demandez à la classe :

Lequel de ces deux types de scories préféreriez-vous avoir : celles de basse ou de haute vitesse ?

Réponse : Les scories de basse vitesse parce qu'elles s'enlèvent facilement, sans avoir à meuler.

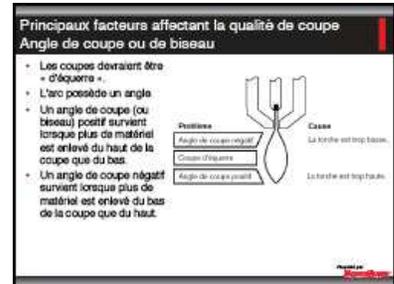
Diapo 8: Quelques notes à propos des scories

- Les scories sont davantage susceptibles de se former sur du métal chaud ou brûlant que sur du métal froid. Donc, la première d'une série de coupes est celle qui produit habituellement le moins de scories. Au fur et à mesure que la pièce s'échauffe, une plus grande quantité de scories pourrait s'accumuler au fil des coupes suivantes.
- L'acier au carbone est plus sujet à produire des scories que l'aluminium ou l'acier inoxydable.
- Des consommables usés ou endommagés peuvent aussi générer des scories.



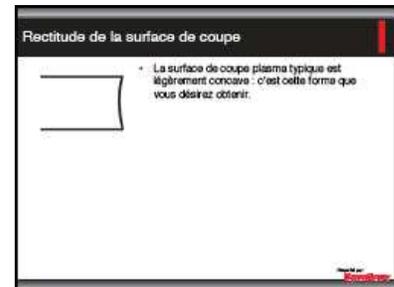
Diapo 9: Angle de coupe ou de biseau

- Idéalement, vous voulez avoir à la fin des coupes « d'équerre », c'est à dire qu'il n'y a pas d'angle sur les faces de coupe.
- Nous avons mentionné plusieurs fois préalablement que « le blindage vous permet de traîner la torche directement sur la surface de la pièce, car la distance torche-pièce adéquate est intégrée dans celui-ci » - voici donc une autre façon d'illustrer ce que cela signifie : le blindage garantit que la partie de l'arc qui fait la coupe soit celle qui est la plus d'équerre possible.
- De par sa forme, l'arc possède un angle, tel que montré sur la diapositive.
- Un angle de coupe (ou un biseau) positif survient quand plus de matériel est enlevé du haut de la coupe que du bas.
- Un angle de coupe négatif survient quand plus de matériel est enlevé du bas de la coupe.
- Il faut prendre note que la meilleure qualité de coupe se trouve toujours du côté droit par rapport à la direction de déplacement de la torche : ceci est dû au fait que l'arc tourbillonne dans le sens horaire (lorsque observé du haut), donc il est le plus chaud et le plus dense au moment de sortir de la face de coupe de droite.



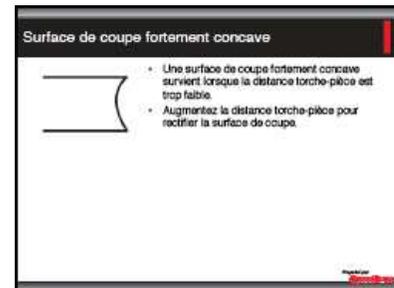
Diapo 10: Rectitude de la surface de coupe

- La surface de coupe plasma typique est légèrement concave : c'est cette forme que vous désirez obtenir.



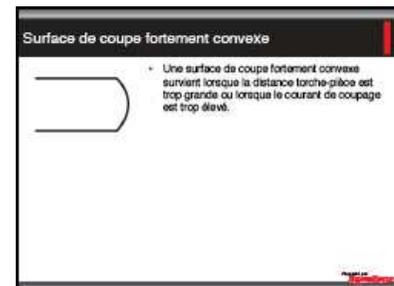
Diapo 11: Surface de coupe fortement concave

- Une surface de coupe fortement concave survient lorsque la distance torche-pièce est trop faible.
- Augmentez la distance torche-pièce pour rectifier la surface de coupe.



Diapo 12: Surface de coupe fortement convexe

- Une surface de coupe fortement convexe survient lorsque la distance torche-pièce est trop grande ou lorsque le courant de coupage est trop élevé.



Exercice sur l'évaluation de la qualité de coupe

Objectif : Permettre aux étudiants de se familiariser avec les outils de mesure employés pour déterminer la qualité de coupe relative, de même qu'avec les différentes méthodes d'optimisation. Les étudiants en viendront à être davantage en confiance dans leurs autoévaluations et se familiariseront avec la façon de recommander des ajustements.

Temps : 15 – 20 minutes

Matériel :

1. Le feuillet d'exercice sur l'évaluation de la qualité de coupe, lequel contient les définitions de la terminologie utilisée dans les évaluations de coupe.
2. Les coupes effectuées par les étudiants à la session 5.

Directives :

- Rassemblez les coupes des étudiants de la session 5 et observez-les en groupe.
- Choisissez trois ou quatre coupes qui serviront d'exemples pour illustrer les différences entre les observations à faire pour une évaluation, telles que scories à haute ou à basse vitesse, bon angle de coupe ou mauvais et/ou surfaces de coupe concaves ou convexes.
- Distribuez le feuillet d'évaluation de la qualité de coupe à chaque étudiant et demandez-leur d'évaluer chaque coupe sur la base de ce qu'ils ont appris au cours de cette leçon.
- Lorsqu'ils ont terminé, discutez en groupe de chaque coupe de manière à pouvoir formuler des commentaires et faire du renforcement vis-à-vis les sélections des étudiants.
- Assurez-vous que les étudiants comprennent bien les différents facteurs qui déterminent la qualité de coupe et qu'ils sont capables de les identifier correctement sur les coupes choisies.

Évaluation de la qualité de coupe

1. Scories – le matériel en fusion qui se solidifie sur le dessus ou le dessous de la pièce taillée.

Scories de basse vitesse

Sans scories

Scories de haute vitesse

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer la question d'accumulation de scories sur la pièce ?

2. Angle de coupe – le degré d'angularité de la face de coupe.

Angle de coupe négatif

Coupe d'équerre

Angle de coupe positif

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer l'angle de coupe ?

3. Rectitude de la surface de coupe – la surface de coupe peut être concave ou convexe.

Concave

Droite

Convexe

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer la rectitude de la surface de coupe ?

Autres solutions de dépannage

Objectifs : Présenter les principaux facteurs relatifs à la qualité de coupe et quelques solutions de dépannage pour certains problèmes courants.

Temps : 10 minutes, incluant l'exercice

Notes pour l'animateur : Rappelez à votre auditoire que le Manuel de l'opérateur est le meilleur endroit pour commencer à chercher des solutions de dépannage pour tout problème qui survient. Ces solutions de dépannage ont été élaborées par l'équipe d'Hypertherm à partir des appels les plus fréquents placés au service à la clientèle.



Diapo 13: J'ai appuyé sur la gâchette, mais ça ne s'allume pas.

Une torche plasma est conçue pour créer un arc en faisant circuler du courant entre l'électrode et la buse qui, au départ, se touchent quand la torche est inactive. Lorsque l'on appuie sur la gâchette pendant que le courant circule, le flux de gaz sépare les deux pièces l'une de l'autre et crée alors le plasma initial. Sans cette séparation des pièces ou cet arc initial, un arc de coupe ne pourra se former.

Voici donc quelques solutions possibles:

- Desserrez la buse de protection et essayez de nouveau : ceci pourrait dégager l'électrode afin qu'elle puisse être en mesure de s'éloigner de la buse sous l'effet du flux de gaz.
- Vérifiez les numéros de pièce des consommables par rapport à l'autocollant sur le dessus de l'appareil : si les pièces sont mal agencées ou dans le mauvais ordre, elles peuvent peut-être ne pas faire contact ou être incapables de se séparer lorsque la gâchette est actionnée.
- Essayez une autre torche, si possible. Mettre une torche qui fonctionne sur le système permettra de savoir rapidement si le problème provient de la torche ou de la source de courant.



Diapo 14: L'appareil perd son arc pendant la coupe.

Si ceci ne survient qu'occasionnellement, la cause n'est peut-être simplement qu'une alimentation en air contaminée ou un courant marginal. Si ceci survient constamment ou si le fait de substituer une torche qui fonctionne ne résout pas le problème, alors l'appareil doit être retourné au fabricant pour réparation.

Pour diagnostiquer le problème :

- Surveillez les voyants d'interverrouillage de courant et de pression pour voir s'ils clignotent : si l'alimentation en courant ou en gaz est dès le départ marginale, il est possible que l'une ou l'autre décline hors des limites d'opération pendant la coupe.
- Essayez une autre torche, si possible : s'il y a un contact défectueux dans la torche ou un fil sectionné dans le faisceau de torche, les utilisateurs peuvent faire apparaître ce problème en déplaçant la torche pendant une coupe.

Diapo 15: Il y a un voyant DEL d'interverrouillage allumé.

- Premièrement, consultez la section Fonctionnement de votre manuel : les voyants peuvent différer légèrement d'un appareil à l'autre. Le manuel pourrait donc aider à résoudre le problème.
- Si vous voyez le voyant rouge avec un éclair, c'est habituellement pour l'une de ces deux raisons :
 - La buse de protection est trop serrée : desserrez-la un peu pour résoudre le problème.
 - Le plongeur est devenu encrassé et ne ramène pas l'électrode à sa position en attente (ceci peut aussi causer des piqûres sur le plongeur).



Diapo 16: Je passe au travers d'une foule de consommables.

La durée de vie des consommables dépend de plusieurs variables comme, entre autres, l'intensité de courant (plus d'ampères = vie plus courte), l'épaisseur de matériau (plus épais = vie plus courte), le régime de production (coupes plus rapides = vie plus courte) et le perçage (partir du bord aide à préserver les consommables).

Voici quelques conseils pour évaluer et allonger la durée de vie de vos consommables :

- Quel genre de durée de vie obtenez-vous ? Il faut s'attendre à avoir 1 à 2 heures d'arc actif en coupage manuel.
- Faites-vous du coupage à la traîne ? Gardez la torche sur la pièce.
- Éliminez toute l'humidité de l'alimentation en air.



Diapo 17: Ça ne coupe plus comme avant.

La qualité de coupe est fortement influencée par la technique de l'utilisateur. Donc, la première étape consiste donc à déterminer en quoi la qualité de coupe a changé (si changement il y a).

Voici quelques conseils pour évaluer et améliorer la qualité de coupe :

- Établissez les éléments qui vous portent à dire que la qualité de coupe a changé. Avec le plasma manuel particulièrement, on doit s'attendre à un peu d'angularité et de scories.
- Remplacez les consommables. Changez seulement la buse et l'électrode en premier, ensuite essayez avec un nouveau diffuseur.
- Éliminez toute l'humidité que pourrait contenir l'alimentation en air.
- Il est aussi possible que des variations dans la nature de la pièce à tailler affectent la qualité de coupe.



Demandez à la classe :

Concernant les conseils de dépannage présentés à l'écran, lesquels pensez-vous peuvent être résolus en consultant le manuel ? L'écran affichera tous les conseils de dépannage discutés précédemment.

Les bonnes réponses sont :

- *Le réglage de l'intensité de courant est incorrect et elle est trop élevée.*
- *La vitesse de coupe est trop rapide.*
- *Le morceau de métal coupé excède la capacité maximale de l'appareil.*
- *L'intensité de l'arc, la tension de l'arc, la vitesse de déplacement ainsi que d'autres variables n'ont pas été réglés tel que spécifié dans les tableaux de coupe.*

Copie du formateur

Exercice sur le dépannage

Notes pour l'animateur : Demandez aux étudiants de compléter le feuillet d'exercice sur le dépannage (présenté ci-dessous avec les réponses) en vue de démontrer qu'ils comprennent bien la relation entre les problèmes les plus courants et les solutions les plus probables. La feuille de travail pour les étudiants se trouve dans leur cartable.

Donnez aux étudiants 5 minutes pour compléter l'exercice et ensuite discutez des résultats en demandant aux étudiants de donner les bonnes réponses.

Problème

Cause la plus probable

- | | |
|---|---|
| <u>G</u> Courte durée de vie des consommables | A. Vitesse de coupe trop rapide |
| <u>E</u> L'arc ne s'allume pas en appuyant sur la gâchette | B. Distance torche-pièce trop petite |
| <u>A</u> Formation de scories minces et linéaires au bas de la coupe | C. Vitesse de coupe trop lente |
| <u>F</u> Angle de coupe positif | D. Alimentation marginale en courant ou en gaz |
| <u>B</u> Angle de coupe négatif | E. Consommables mal appariés |
| <u>C</u> Dépôt abondant de scories pleines de bulles au bas de la coupe | F. Distance torche-pièce trop grande |
| <u>D</u> La torche perd l'arc pendant la coupe | G. Si un embout pour le coupage à la traîne est utilisé, il faut garder la torche directement sur la pièce. |

Exercice sur le dépannage

Pour chaque problème dans la colonne de gauche, indiquez la cause la plus probable en inscrivant la lettre correspondante dans l'espace à gauche.

Problème	Cause la plus probable
_____ Courte durée de vie des consommables	A. Vitesse de coupe trop rapide
_____ L'arc ne s'allume pas en appuyant sur la gâchette	B. Distance torche-pièce trop petite
_____ Formation de scories minces et linéaires au bas de la coupe	C. Vitesse de coupe trop lente
_____ Angle de coupe positif	D. Alimentation marginale en courant ou en gaz
_____ Angle de coupe négatif	E. Consommables mal appariés
_____ Dépôt abondant de scories pleines de bulles au bas de la coupe	F. Distance torche-pièce trop grande
_____ La torche perd l'arc pendant la coupe	G. Si un embout pour le coupage à la traîne est utilisé, il faut garder la torche directement sur la pièce.

Synthèse

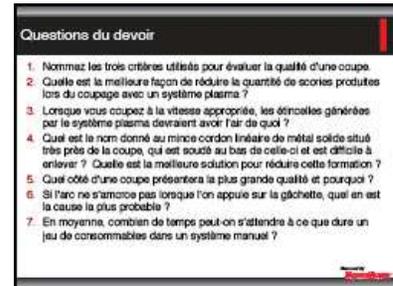
Objectif : Récapitulation et révision de la leçon.

Temps : 5 minutes

Notes pour l'animateur : ceci complète la sixième leçon et toute la portion théorique de ce cours. Les sessions restantes sont composées uniquement d'activités pratiques où les étudiants utiliseront le système plasma pour effectuer diverses coupes et d'en évaluer le résultat.

Avant de terminer cette session, rappelez aux étudiants que l'examen final pour la portion théorique du cours se déroulera lors de la session suivante. La meilleure façon de se préparer pour l'examen est de réviser les devoirs soumis à chaque session : les questions de l'examen sont basées sur les devoirs. Faites une revue de ce que vous avez discuté en classe et prenez quelques minutes pour répondre à toute question des étudiants qui pourrait encore être en suspens.

Le devoir final fourni à la page suivante permettra aux étudiants de revoir la matière enseignée durant cette session. Vous devrez planifier de réviser ce devoir au début de la prochaine leçon (c'est à dire avant l'examen final). La clé de correction est donnée à la leçon 7.



Diapo 18: Synthèse et survol des questions de révision

Cette diapositive présente les questions du devoir pour cette session. Si vous choisissez de ne pas donner le devoir, vous voudrez peut-être alors revoir rapidement ces questions à la fin du cours.

Si vous choisissez de donner le devoir, remettez la page de questions de révision et demandez aux étudiants de la compléter avant le début du cours suivant.

Technologie de coupage au plasma: théorie et pratique

Devoir #6: Évaluer la qualité de coupe

1. Nommez les trois critères utilisés pour évaluer la qualité d'une coupe.
Les scories, l'angle de coupe et la rectitude de la surface de coupe.
2. Quelle est la meilleure façon de réduire la quantité de scories produites lors du coupage avec un système plasma ?
Adopter une vitesse de déplacement appropriée.
3. Lorsque vous coupez à la vitesse appropriée, les étincelles générées par le système plasma devraient avoir l'air de quoi ?
Elles devraient jaillir d'en dessous de la coupe avec un angle de 15° à 30° de décalage.
4. Quel est le nom donné au mince cordon linéaire de métal solide situé très près de la coupe, qui est soudé au bas de celle-ci et est difficile à enlever ? Quelle est la meilleure solution pour réduire cette formation ?
Scories de haute vitesse. Il faut diminuer la vitesse de coupe.
5. Quel côté d'une coupe présentera la plus grande qualité et pourquoi ?
Le côté droit, parce que l'arc tourbillonne dans le sens horaire lorsque regardé de haut, donc il est le plus chaud et le plus dense au moment de quitter la face de coupe de droite.
6. Si l'arc ne s'amorce pas lorsque l'on appuie sur la gâchette, quel en est la cause la plus probable ?
Des consommables mal appariés.
7. En moyenne, combien de temps peut-on s'attendre à ce que dure un jeu de consommables dans un système manuel ?
De 1 à 2 heures.

Technologie de coupage au plasma: théorie et pratique

Devoir #6: Évaluer la qualité de coupe

1. Nommez les trois critères utilisés pour évaluer la qualité d'une coupe.

2. Quelle est la meilleure façon de réduire la quantité de scories produites lors du coupage avec un système plasma ?

3. Lorsque vous coupez à la vitesse appropriée, les étincelles générées par le système plasma devraient avoir l'air de quoi ?

4. Quel est le nom donné au mince cordon linéaire de métal solide situé très près de la coupe, qui est soudé au bas de celle-ci et est difficile à enlever ? Quelle est la meilleure solution pour réduire cette formation ?

5. Quel côté d'une coupe présentera la plus grande qualité et pourquoi ?

6. Si l'arc ne s'amorce pas lorsque l'on appuie sur la gâchette, quel en est la cause la plus probable ?

7. En moyenne, combien de temps peut-on s'attendre à ce que dure un jeu de consommables dans un système manuel ?

Session 7: Examen théorique

Durant cette session, vous soumettrez aux étudiants l'examen écrit qui servira à les évaluer sur le contenu théorique transmis au cours des six premières leçons. Cet examen comporte 30 questions qui sont en grande partie inspirées des questions de révision de chaque session. Cet examen ne devrait pas nécessiter plus de 45 minutes aux étudiants pour le compléter.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction/Révision	5 minutes
Examen théorique.....	45 minutes
Temps total :	50 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

1. Faire une copie de l'examen théorique pour chacun des étudiants de la classe.

Copie du formateur

Introduction

Objectif : Faire la révision du contenu de la leçon précédente et consolider la matière apprise.

Temps : 5 minutes

Les questions du devoir de la session 6, de même que les bonnes réponses, sont données ici :

1. Nommez les trois critères utilisés pour évaluer la qualité d'une coupe.
Les scories, l'angle de coupe et la rectitude de la surface de coupe.
2. Quelle est la meilleure façon de réduire la quantité de scories produites lors du coupage avec un système plasma ?
Adopter une vitesse de déplacement appropriée.
3. Lorsque vous coupez à la vitesse appropriée, les étincelles générées par le système plasma devraient avoir l'air de quoi ?
Elles devraient jaillir d'en dessous de la coupe avec un angle de 15° à 30° de décalage.
4. Quel est le nom donné au mince cordon linéaire de métal solide situé très près de la coupe, qui est soudé au bas de celle-ci et est difficile à enlever ? Quelle est la meilleure solution pour réduire cette formation ?
Scories de haute vitesse. Il faut diminuer la vitesse de coupe.
5. Quel côté d'une coupe présentera la plus grande qualité et pourquoi ?
Le côté droit, parce que l'arc tourbillonne dans le sens horaire lorsque regardé de haut, donc il est le plus chaud et le plus dense au moment de quitter la face de coupe de droite.
6. Si l'arc ne s'amorce pas lorsque l'on appuie sur la gâchette, quel en est la cause la plus probable ?
Des consommables mal appariés.
7. En moyenne, combien de temps peut-on s'attendre à ce que dure un jeu de consommables dans un système manuel (en « temps d'arc actif ») ?
De 1 à 2 heures.

Examen théorique sur le plasma

Cet examen théorique comporte 30 questions correspondant aux objectifs d'apprentissage et aux devoirs de toute la portion théorique de ce cours (les sessions 1 à 6). L'examen contenant la clé de correction est donné dans les pages ci-dessous.

1. Laquelle ou lesquelles parmi les affirmations suivantes est(sont) une définition correcte du plasma ? **Encerclez tout ce qui s'applique.**

- A. Une substance ayant plus d'énergie que ce qu'un simple gaz ne peut en contenir.
- B. Une substance extrêmement brillante et extrêmement chaude.
- C. Le 4^e état de la matière.

D. Toutes ces affirmations.

2. Combien de temps est nécessaire à l'arc pour se former lorsque la gâchette sur la torche du système plasma est actionnée ?

- A. 3 – 5 secondes
- B. 5 – 7 secondes
- C. 7 – 10 secondes

D. L'arc se forme presque instantanément.

3. Comment le plasma fait-il pour couper ?

- A. Il génère de la chaleur allant jusqu'à 2 000° C pour faire fondre la pièce.
- B. Il génère un gaz à haute vitesse qui chasse le métal de la pièce.

C. Il génère de la chaleur allant jusqu'à 20 000° C pour faire fondre la pièce.

- D. Il génère de l'énergie radiante qui crée une ouverture dans la pièce.

4. Si vous avez besoin de couper un ensemble de 20 pièces de haute qualité identiques dans une plaque d'acier 2" (50.8mm), qu'est-ce que vous seriez le plus susceptible d'utiliser ?

- A. Un système plasma manuel.

B. Un système plasma mécanisé.

- C. L'un et l'autre peuvent accomplir le travail.

5. Comment se nomme le vide laissé entre les deux parties d'une pièce par le coupage ?

- A. La fosse
- B. La scorie
- C. La gouge

D. La saignée

6. Comment se nomme une coupe qui est effectuée à la main, sans utiliser de règle ou de gabarit ?

A. Une coupe à main levée

B. Une coupe avec décrochage

C. Une coupe en biseau

D. Une gouge

7. Dans un système plasma à double débit de gaz, à quoi sert le deuxième gaz ?

A. Il protège les consommables de la chaleur radiante et des éclaboussures de matière en fusion.

B. Il confine l'arc un peu plus.

C. Il aide à chasser la matière en fusion.

D. Toutes ces réponses.

8. À combien de temps doit-on s'attendre comme durée de vie pour un jeu de consommables sur un système mécanisé ?

A. 1 à 2 heures de temps d'arc actif

B. 3 à 5 heures de temps d'arc actif

C. 7 à 10 heures de temps de coupage total

D. C'est impossible à prévoir parce qu'il y a trop de variables.

9. Quel est le gaz le plus couramment utilisé avec les systèmes plasma manuels ?

A. L'oxygène

B. L'azote

C. Le H35

D. L'air comprimé

10. Lequel ou lesquels parmi les choix suivants sont des exemples de plasma se trouvant dans le monde qui nous entoure ? **Encerclez tous les choix qui s'appliquent.**

A. Les aurores boréales

B. Les DEL

C. La foudre

D. La vapeur

E. Toutes ces réponses

11. Comment appelle-t-on le mince cordon linéaire de métal solide situé très près de la coupe qui est soudé au dessous de la coupe et est très difficile à enlever ?

A. Des scories de haute vitesse

B. Des scories de basse vitesse

C. Des dépôts de matière fondue

12. Quels consommables sont le plus fréquemment remplacés ?

A. Le blindage et la buse

B. L'électrode et la buse

C. Le blindage et la buse de protection

D. L'électrode et le diffuseur

13. Laquelle des phrases suivantes décrit le mieux un « amorçage par contact » ?

A. Sous tension, les consommables sont séparés, créant ainsi un arc pilote ; le flux de gaz crée alors l'arc de coupage et le maintient par la suite.

B. Une étincelle générée par le diffuseur enflamme le gaz comme celui-ci s'écoule à travers les consommables, amorçant ainsi l'arc utilisé pour le coupage.

C. L'opérateur presse la gâchette pour allumer le gaz pilote, créant ainsi l'arc initial ; le gaz écran alimente la flamme et maintient l'arc de coupage.

14. Pourquoi est-il nécessaire de vérifier si les consommables de la torche sont bien installés à chaque mise en marche du système ? Encercler tout ce qui s'applique.

A. Les consommables pourraient être incorrectement installés.

B. Ils doivent être vérifiés pour l'usure régulièrement.

C. Ils doivent être changés avant chaque utilisation.

D. Une autre personne aurait pu s'être servi de l'appareil.

15. Comment se nomme le métal en fusion re-solidifié qui adhère à l'arête de coupe ?

A. La saignée

B. Les scories

C. La gouge

D. Les bavures

16. Quel type de coupe est utilisé pour donner un angle à la face de coupe ?

- A. Une coupe à main levée
- B. Une coupe avec décrochage

C. Une coupe en biseau

- D. Le gougeage

17. Lequel ou lesquels parmi les choix suivants sont une mise en application typique des systèmes plasma ? **Encerclez tout ce qui s'applique.**

A. Maintenance en chantier naval

B. Fabrication et réparation en CVCA

C. Réparation d'équipements agricoles

D. Fabrication générale

18. Comment se nomme l'activité qui consiste à utiliser un système plasma pour enlever une couche de métal de la surface d'une plaque sans sectionner la pièce ?

A. Le gougeage

- B. Le soudage
- C. Le brasage
- D. Le chanfreinage

19. Quelle est la meilleure façon de réduire la quantité de scories produites lorsque l'on coupe avec un système plasma ?

A. Utiliser la vitesse de déplacement appropriée.

- B. Utiliser des consommables blindés.
- C. Augmenter la pression de gaz.
- D. Couper du métal qui est déjà chaud.

20. Lorsque vous coupez à la vitesse appropriée, les étincelles devraient jaillir d'en dessous de la coupe avec quel angle de décalage ?

A. 5° - 10°

B. 15° - 30°

- C. 45°
- D. 90°

21. Si vous appuyez sur la gâchette et que la torche ne s'amorce pas, lequel des choix suivants est la cause la plus probable du problème ?

- A. La distance torche-pièce est trop petite.
- B. La vitesse de coupe est trop rapide.
- C. La distance torche-pièce est trop grande.

D. L'alimentation en courant ou en gaz est marginale.

22. En moyenne, un jeu de consommables dans un système manuel devrait durer combien de temps ?

A. 1 à 2 heures de temps d'arc actif

- B. 3 à 5 heures de temps d'arc actif
- C. 7 à 10 heures de temps de coupage total
- D. C'est impossible à prévoir parce qu'il y a trop de variables.

23. En coupage manuel, est-il préférable de pousser ou de tirer la torche ?

Bonne réponse : tirer

24. Nommez trois pièces d'équipement de protection que vous devriez porter au moment d'utiliser un système plasma.

Bonnes réponses possibles : gants et bottes isolés, lunettes de protection et vêtements ignifuges.

25. À quoi sert le connecteur de pièce ?

Bonne réponse : à faire la mise à la terre adéquate d'une pièce à tailler.

26. Comment faites-vous pour déterminer quel jeu de consommables utiliser avec votre système plasma ?

Bonne réponse : Consulter les tables se trouvant dans le manuel.

27. Donnez un pour et un contre pour chacun des trois principaux systèmes de coupage (plasma, oxygaz et laser).

Bonnes réponses possibles :

Plasma pour: coupe tout matériau conducteur, vitesse et qualité de coupe avantageuse sur une vaste gamme d'épaisseurs, peu ou pas de travaux préliminaires ou secondaires, facile à utiliser.

Plasma contre: coût initial plus élevé que l'oxygaz, qualité de coupe moindre que le laser, exigences en maintenance modérées.

Oxygaz pour: coût initial peu élevé, vitesse de coupe avantageuse sur les grandes épaisseurs, faible coût de maintenance, moins de pièces que les autres.

Oxygaz contre: ne coupe que les métaux ferreux, vitesse de coupe lente sur les matériaux minces, qualité de coupe médiocre, plus de travaux préliminaires et secondaires à faire, beaucoup d'expertise requise pour l'opérer adéquatement, gaz inflammables.

Laser pour: meilleure qualité de coupe et vitesse de coupe plus avantageuse sur les matériaux minces.

Laser contre: coût initial élevé, pas de coupage manuel, davantage de travaux préparatoires, la maintenance est dispendieuse.

28. Nommez trois facteurs qui affectent la durée de vie des consommables.

Bonnes réponses possibles : L'épaisseur du métal coupé, la longueur moyenne des coupes, si c'est du coupage manuel ou du coupage mécanisé qui est effectué, la qualité de l'air, le fait d'amorcer la coupe avec un perçage ou à partir du bord de la pièce, le respect de la distance torche-pièce adéquate si l'on travaille avec des consommables non blindés, le respect de la hauteur de perçage adéquate et le type de consommables utilisés.

29. Nommez les trois critères qui sont utilisés pour évaluer la qualité de coupe.

Bonne réponse : Les scories, l'angle de coupe et la rectitude de la face de coupe.

30. Nommez les cinq pièces qui ensemble composent un jeu de consommables blindés.

Bonne réponse : Électrode, buse, diffuseur, buse de protection et blindage (protecteur).

Examen théorique

1. Laquelle ou lesquelles parmi les affirmations suivantes est(sont) une définition correcte du plasma ? **Encerclez tout ce qui s'applique.**
 - A. Une substance ayant plus d'énergie que ce qu'un simple gaz ne peut en contenir.
 - B. Une substance extrêmement brillante et extrêmement chaude.
 - C. Le 4^e état de la matière.
 - D. Toutes ces affirmations.
2. Combien de temps est nécessaire à l'arc pour se former lorsque la gâchette sur la torche du système plasma est actionnée ?
 - A. 3 – 5 secondes
 - B. 5 – 7 secondes
 - C. 7 – 10 secondes
 - D. L'arc se forme presque instantanément.
3. Comment le plasma fait-il pour couper ?
 - A. Il génère de la chaleur allant jusqu'à 2 000° C pour faire fondre la pièce.
 - B. Il génère un gaz à haute vitesse qui chasse le métal de la pièce.
 - C. Il génère de la chaleur allant jusqu'à 20 000° C pour faire fondre la pièce.
 - D. Il génère de l'énergie radiante qui crée une ouverture dans la pièce.
4. Si vous avez besoin de couper un ensemble de 20 pièces de haute qualité identiques dans une plaque d'acier 2" (50.8mm), qu'est-ce que vous seriez le plus susceptible d'utiliser ?
 - A. Un système plasma manuel.
 - B. Un système plasma mécanisé.
 - C. L'un et l'autre peuvent accomplir le travail.
5. Comment se nomme le vide laissé entre les deux parties d'une pièce par le coupage ?
 - A. La fosse
 - B. La scorie
 - C. La gouge
 - D. La saignée

6. Comment se nomme une coupe qui est effectuée à la main, sans utiliser de règle ou de gabarit ?
- A. Une coupe à main levée
 - B. Une coupe avec décrochage
 - C. Une coupe en biseau
 - D. Une gouge
7. Dans un système plasma à double débit de gaz, à quoi sert le deuxième gaz ?
- A. Il protège les consommables de la chaleur radiante et des éclaboussures de matière en fusion.
 - B. Il confine l'arc un peu plus.
 - C. Il aide à chasser la matière en fusion.
 - D. Toutes ces réponses.
8. À combien de temps doit-on s'attendre comme durée de vie pour un jeu de consommables sur un système mécanisé ?
- A. 1 à 2 heures de temps d'arc actif
 - B. 3 à 5 heures de temps d'arc actif
 - C. 7 à 10 heures de temps de coupage total
 - D. C'est impossible à prévoir parce qu'il y a trop de variables.
9. Quel est le gaz le plus couramment utilisé avec les systèmes plasma manuels ?
- A. L'oxygène
 - B. L'azote
 - C. Le H35
 - D. L'air comprimé
10. Lequel ou lesquels parmi les choix suivants sont des exemples de plasma se trouvant dans le monde qui nous entoure ? **Encerclez tous les choix qui s'appliquent.**
- A. Les aurores boréales
 - B. Les DEL
 - C. La foudre
 - D. La vapeur
 - E. Toutes ces réponses

11. Comment appelle-t-on le mince cordon linéaire de métal solide situé très près de la coupe qui est soudé au dessous de la coupe et est très difficile à enlever ?
- A. Des scories de haute vitesse
 - B. Des scories de basse vitesse
 - C. Des dépôts de matière fondue
12. Quels consommables sont le plus fréquemment remplacés ?
- A. Le blindage et la buse
 - B. L'électrode et la buse
 - C. Le blindage et la buse de protection
 - D. L'électrode et le diffuseur
13. Laquelle des phrases suivantes décrit le mieux un « amorçage par contact » ?
- A. Sous tension, les consommables sont séparés, créant ainsi un arc pilote ; le flux de gaz crée alors l'arc de coupage et le maintient par la suite.
 - B. Une étincelle générée par le diffuseur enflamme le gaz comme celui-ci s'écoule à travers les consommables, amorçant ainsi l'arc utilisé pour le coupage.
 - C. L'opérateur presse la gâchette pour allumer le gaz pilote, créant ainsi l'arc initial ; le gaz écran alimente la flamme et maintient l'arc de coupage.
14. Pourquoi est-il nécessaire de vérifier si les consommables de la torche sont bien installés à chaque mise en marche du système ? Encercler tout ce qui s'applique.
- A. Les consommables pourraient être incorrectement installés.
 - B. Ils doivent être vérifiés pour l'usure régulièrement.
 - C. Ils doivent être changés avant chaque utilisation.
 - D. Une autre personne aurait pu s'être servi de l'appareil.
15. Comment se nomme le métal en fusion re-solidifié qui adhère à l'arête de coupe ?
- A. La saignée
 - B. Les scories
 - C. La gouge
 - D. Les bavures

16. Quel type de coupe est utilisé pour donner un angle à la face de coupe ?
- A. Une coupe à main levée
 - B. Une coupe avec décrochage
 - C. Une coupe en biseau
 - D. Le gougeage
17. Lequel ou lesquels parmi les choix suivants sont une mise en application typique des systèmes plasma ? **Encerclez tout ce qui s'applique.**
- A. Maintenance en chantier naval
 - B. Fabrication et réparation en CVCA
 - C. Réparation d'équipements agricoles
 - D. Fabrication générale
18. Comment se nomme l'activité qui consiste à utiliser un système plasma pour enlever une couche de métal de la surface d'une plaque sans sectionner la pièce ?
- A. Le gougeage
 - B. Le soudage
 - C. Le brasage
 - D. Le chanfreinage
19. Quelle est la meilleure façon de réduire la quantité de scories produites lorsque l'on coupe avec un système plasma ?
- A. Utiliser la vitesse de déplacement appropriée.
 - B. Utiliser des consommables blindés.
 - C. Augmenter la pression de gaz.
 - D. Couper du métal qui est déjà chaud.
20. Lorsque vous coupez à la vitesse appropriée, les étincelles devraient jaillir d'en dessous de la coupe avec quel angle de décalage ?
- A. 5° - 10°
 - B. 15° - 30°
 - C. 45°
 - D. 90°

21. Si vous appuyez sur la gâchette et que la torche ne s'amorce pas, lequel des choix suivants est la cause la plus probable du problème ?
- A. La distance torche-pièce est trop petite.
 - B. La vitesse de coupe est trop rapide.
 - C. La distance torche-pièce est trop grande.
 - D. L'alimentation en courant ou en gaz est marginale.
22. En moyenne, un jeu de consommables dans un système manuel devrait durer combien de temps ?
- A. 1 à 2 heures de temps d'arc actif
 - B. 3 à 5 heures de temps d'arc actif
 - C. 7 à 10 heures de temps de coupage total
 - D. C'est impossible à prévoir parce qu'il y a trop de variables.
23. En coupage manuel, est-il préférable de pousser ou de tirer la torche ?
24. Nommez trois pièces d'équipement de protection que vous devriez porter au moment d'utiliser un système plasma.
25. À quoi sert le connecteur de pièce ?
26. Comment faites-vous pour déterminer quel jeu de consommables utiliser avec votre système plasma ?

27. Donnez un pour et un contre pour chacun des trois principaux systèmes de coupage (plasma, oxygaz et laser).

28. Nommez trois facteurs qui affectent la durée de vie des consommables.

29. Nommez les trois critères qui sont utilisés pour évaluer la qualité de coupe.

30. Nommez les cinq pièces qui ensemble composent un jeu de consommables blindés.

Session 8: Coupes avec règles et gabarits

Au cours de cette leçon, les étudiants utiliseront la découpeuse plasma pour pratiquer le coupage autant avec une règle qu'un gabarit. Il n'y a pas de diapositives PowerPoint attachées à cette session. À la place, l'instructeur guidera les étudiants tout au long des activités en utilisant les directives fournies dans les pages suivantes.

Lorsque les étudiants terminent une coupe, amenez-les à évaluer leur travail en se servant des feuilles d'évaluations fournies. Bien qu'il est normal que les coupes des étudiants ne soient pas parfaites, il est important que les étudiants comprennent ce qu'ils font bien ainsi que ce qu'ils font mal, et ils doivent être capables de formuler cette compréhension sur la feuille d'évaluation.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction/Révision	5 minutes
Coupage à main levée.....	25 minutes
Coupage avec gabarit.....	25 minutes
Revue des évaluations des étudiants et synthèse	5 minutes
Temps total :	60 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

1. Installer le système plasma et s'assurer qu'il y a assez de matériaux à couper pour chacun des étudiants de la classe.
2. Se procurer des lunettes de protection pour tous les étudiants de la classe afin qu'ils puissent les utiliser pendant la démonstration.
3. Se procurer au moins un ensemble complet d'ÉPI (préférentiellement 2 ou plus).
4. S'assurer que chaque étudiant peut disposer d'une copie de la « Fiche de préparation rapide ».
5. Se procurer suffisamment d'acier au carbone pour 50 coupes rectilignes ou plus (recommandé : au moins 3 pieds (90 cm) x 1 pied (30 cm)).
6. Se procurer suffisamment d'acier au carbone pour deux coupes rectilignes et deux carrés de 3" (7.5cm) par étudiant (recommandé: plaque de 6"-7" (15 – 17.5cm) x 12" (30cm) par étudiant).
7. S'assurer d'avoir une règle et le gabarit proposé pour l'exercice de coupage avec gabarit.
8. Imprimer ou copier des feuillets « Évaluation de la qualité de coupe » pour chacun des étudiants de la classe (deux feuillets par étudiant).

Coupe à main levée avec décrochage

L'objectif de cet exercice est d'augmenter le niveau de confiance envers le coupage plasma à main levée en permettant d'expérimenter la technique, les changements de vitesse de coupe, les changements d'angle de torche, etc. De plus, les étudiants auront l'occasion de réviser et pratiquer les étapes de mise en marche de l'appareil ainsi que de revoir l'utilisation adéquate des équipements de protection individuelle (ÉPI).

Minutage : 25-30 minutes

- Matériel :**
1. Le système plasma avec tous les raccords nécessaires (air, courant, mise à la terre).
 2. Des lunettes de protection pour toutes les personnes de la classe.
 3. Au moins un ensemble complet d'ÉPI (préférentiellement 2 ou +).
 4. Une copie de la « Fiche de préparation rapide ».
 5. Assez d'acier au carbone pour 50 coupes rectilignes et plus (recommandé: au moins 36" (90 cm) x 12" (30 cm)).
- *Il est également recommandé de donner l'occasion à vos étudiants de s'exercer à effectuer des coupes sur l'aluminium et l'acier inoxydable.*

Directives :

1. Transportez le système jusqu'à l'aire de coupage de l'atelier.
2. Simulez la mise en marche du système ; les étudiants passent ensuite chacun leur tour avec la « Fiche de préparation rapide » sur le système pour préparer celui-ci pour le coupage plasma.
3. Passez en revue la technique de coupe avec décrochage au profit du groupe, en faisant la démonstration de la vitesse de coupe et de l'angle de la torche SANS réellement couper – laissez la partie amusante à la classe cette fois-ci !
4. Le premier candidat revêt les ÉPI au complet et vérifie ensuite que le système est prêt pour le coupage.
5. Vérifiez que tous portent leurs lunettes de sécurité avant que le coupage ne débute. Faites un rappel à la classe sur la sécurité concernant les observateurs (la distance à respecter pour se prémunir des étincelles, il faut conserver la protection pour les yeux en tout temps durant le coupage, etc.).
6. Chaque étudiant aura la chance de réaliser 2 ou 3 coupes avec décrochage.
7. Le reste de la classe observe l'étudiant qui coupe pour donner une rétroaction constructive.
8. Après chaque coupe, faites une pause et réviser la technique avec toute la classe. Prenez soin de souligner les éléments qui ont été bien exécutés AVANT d'émettre les suggestions ou ajustements à faire.

Coupe avec gabarit

L'objectif de cet exercice est d'expérimenter l'utilisation d'une règle et d'un gabarit pour couper avec le plasma. Les étudiants pourront ainsi mettre en pratique la technique, la vitesse de coupe adéquate, le bon angle de torche, etc. De plus, les étudiants auront l'occasion de réviser et pratiquer les étapes de mise en marche de l'appareil ainsi que de revoir l'utilisation adéquate des équipements de protection individuelle (ÉPI).

Minutage : 25-30 minutes

- Matériel :**
1. Le système plasma avec tous les raccords nécessaires (air, courant, mise à la terre).
 2. Des lunettes de protection pour toutes les personnes de la classe.
 3. Au moins un ensemble complet d'ÉPI (préférentiellement 2 ou +).
 4. Une copie de la « Fiche de préparation rapide ».
 5. Assez d'acier au carbone pour deux coupes rectilignes et deux carrés de 3" (7.5cm) par étudiant (recommandé: une plaque de 6" - 7" (15 – 17.5cm) x 12" (30cm) x 3/8" (10mm) d'épaisseur par étudiant).
 6. Une règle et le gabarit en forme de « H ».
 - *Il est également recommandé de donner l'occasion à vos étudiants de s'exercer à effectuer des coupes sur l'aluminium et l'acier inoxydable.*

Directives :

1. Transportez, s'il y a lieu, le système jusqu'à l'aire de coupage de l'atelier.
2. À tour de rôle, faites préparer par les étudiants le système plasma pour le coupage avec l'aide de la « Fiche de préparation rapide ».
3. Passez en revue pour le groupe les techniques de coupe avec règle et avec gabarit. Mettez l'accent sur l'uniformité de la vitesse de coupe et de l'angle de torche. Souligner la **différence entre le bon côté et le mauvais côté** de la coupe : une coupe avec gabarit devrait s'effectuer dans le **sens horaire** si la pièce taillée se trouve à l'intérieur du gabarit, et dans le sens **anti-horaire** si vous gardez l'extérieur et jetez la partie située à l'intérieur du gabarit.
4. Le premier candidat revêt tous les ÉPI et vérifie que le système est prêt pour le coupage.
5. Vérifiez que tous portent leurs lunettes de protection avant que le coupage ne débute. Faites un rappel à la classe sur la sécurité en tant qu'observateur (distance par rapport aux étincelles, garder les lunettes de protection pour toute la durée de la coupe, etc.).
6. Chaque étudiant aura l'occasion d'effectuer 2 coupes rectilignes avec décrochage et une coupe avec gabarit. Un format de gabarit est fourni à la page suivante.
7. La classe observe la personne qui coupe en vue de donner des commentaires constructifs.
8. Après chaque coupe, faites une pause et réviser la technique avec toute la classe. Soulignez les éléments qui ont été bien exécutés AVANT les suggestions ou ajustements à faire.

Option #1: Un exemple de design de gabarit est fourni à la page suivante.

Directives à l'instructeur pour la conception du gabarit :

1. Tracez toutes les lignes sur la plaques.
2. Enlevez de la pièce l'intérieur du « H » en coupant dans le sens anti-horaire.
3. Enlevez de la pièce le grand rectangle (contour) en coupant dans le sens horaire.



Révision des évaluations des étudiants et synthèse

Lorsqu'un étudiant a terminé ses coupes, demandez-lui de compléter une Évaluation de la qualité de coupe (tel que présenté sur la page suivante). Les étudiants devraient être en mesure d'évaluer leurs coupes et d'utiliser les commentaires de l'instructeur pour déterminer ce qu'ils ont fait correctement ou incorrectement. Les feuilles d'évaluation doivent être remises à la fin de la classe. L'instructeur utilisera ensuite les évaluations des étudiants en vue de s'aider à évaluer la partie pratique du cours.

Au moment de conclure cette session, demandez à vos étudiants :

- Avez-vous des questions sur la matière qui a été vue aujourd'hui ?
- Quelle information vous a surpris ou n'était pas ce que vous en attendiez ?

Évaluation de la qualité de coupe

1. Scories – le matériel en fusion qui se solidifie sur le dessus ou le dessous de la pièce taillée.

Scories de basse vitesse

Sans scories

Scories de haute vitesse

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer la question d'accumulation de scories sur la pièce ?

2. Angle de coupe – le degré d'angularité de la face de coupe.

Angle de coupe négatif

Coupe d'équerre

Angle de coupe positif

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer l'angle de coupe ?

3. Rectitude de la surface de coupe – la surface de coupe peut être concave ou convexe.

Concave

Droite

Convexe

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer la rectitude de la surface de coupe ?

Session 9: Perçage de trou et gougeage

Au cours de cette leçon, les étudiants s'exerceront avec la découpeuse plasma au perçage de trou et au gougeage. Il n'y a pas de diapositives PowerPoint pour cette session. À la place, l'instructeur guidera les étudiants tout au long des activités en s'appuyant sur les directives fournies dans les pages suivantes.

Lorsque les étudiants terminent une coupe, amenez-les à évaluer leur travail en se servant des feuilles d'évaluations fournies. Bien qu'il est normal que les coupes des étudiants ne soient pas parfaites, il est important que les étudiants comprennent ce qu'ils font bien ainsi que ce qu'ils font mal, et ils doivent être capables de formuler cette compréhension sur la feuille d'évaluation.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction/Révision	5 minutes
Perçage de trou.....	25 minutes
Gougeage	25 minutes
Revue des évaluations des étudiants et synthèse	5 minutes
Temps total :	60 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

1. Installer le système plasma et s'assurer qu'il y a assez de matériaux à couper pour chacun des étudiants de la classe.
2. Se procurer des lunettes de protection pour tous les étudiants de la classe afin qu'ils puissent les utiliser pendant la démonstration.
3. Se procurer au moins un ensemble complet d'ÉPI (préférentiellement 2 ou plus).
4. S'assurer que chaque étudiant peut disposer d'une copie de la « Fiche de préparation rapide.
5. Se procurer suffisamment d'acier au carbone pour trois trous de 2-3" (5cm – 7.6cm) de diamètre par étudiant (recommandé : une plaque de 4" (10cm) x 12" (30cm) par étudiant).
6. Se procurer suffisamment d'acier au carbone pour deux gouges de 6" (15cm) x 1" (2.5cm) par étudiant (recommandé : une plaque de 4" (10cm) x 1 pied (30cm) par étudiant).
7. Se procurer une règle et 2 marqueurs à encre permanente.
8. Imprimer ou copier des feuillets « Évaluation de la qualité de gouge » pour chacun des étudiants de la classe (deux feuillets par étudiant).

Perçage de trou

L'objectif de cet exercice est de pratiquer les techniques de perçage de trou et de coupage de cercle. De plus, les étudiants auront l'occasion de réviser et pratiquer les étapes de mise en marche de l'appareil ainsi que de revoir l'utilisation adéquate des équipements de protection individuelle (ÉPI).

Minutage : 25-30 minutes

- Matériel :**
1. Le système plasma avec tous les raccords nécessaires (air, courant, mise à la terre).
 2. Des lunettes de protection pour toutes les personnes de la classe.
 3. Au moins un ensemble complet d'ÉPI (préférentiellement 2 ou +).
 4. Une copie de la « Fiche de préparation rapide ».
 5. Assez d'acier au carbone pour trois trous de 2-3" (5cm – 7.6cm) de diamètre par étudiant (recommandé: une plaque de 4" (10cm) x 12" (30cm) x 3/8" (10mm) d'épaisseur par étudiant).
 6. De la craie ou un marqueur de peinture.
 - *Il est également recommandé de donner l'occasion à vos étudiants de s'exercer à effectuer des coupes sur l'aluminium et l'acier inoxydable.*

Directives :

1. Dessinez trois cercles par étudiant, chacun ayant 2-3" (5cm – 7.6cm) de diamètre.
2. Transportez le système jusqu'à l'aire de coupage de l'atelier.
3. Le premier candidat commence à préparer le système plasma pour le coupage en utilisant la « Fiche de préparation rapide ».
4. Faites pour le groupe une revue des techniques de perçage de trou. Mettez l'accent sur l'angle de perçage, la rotation de la torche jusqu'à la verticale et le coupage de cercle à main levée. Soulignez sans faute l'existence d'un **bon côté** et un **mauvais côté** de la coupe : le coupage de trou devrait se faire dans le **sens horaire** si la pièce finie est l'intérieur du trou, et dans le **sens anti-horaire** si l'on garde l'extérieur et jette l'intérieur du trou.
5. Le premier candidat revêt tous les ÉPI et vérifie que le système est prêt pour le coupage.
6. Vérifiez que tous portent leurs lunettes de protection avant que le coupage ne débute. Faites un rappel à la classe sur la sécurité en tant qu'observateur (distance par rapport aux étincelles, garder les lunettes de protection pour toute la durée de la coupe, etc.).
7. Chaque étudiant aura l'occasion d'effectuer 3 perçages de trou et coupes de cercle.
8. La classe observe la personne qui coupe en vue de donner des commentaires constructifs.
9. Après chaque coupe, faites une pause et révisez la technique avec toute la classe. Soulignez les éléments qui ont été bien exécutés AVANT les suggestions ou ajustements à faire.

Option #1: Écrivez le nom de chaque étudiant à côté des trois trous qu'il a percés. Utilisez à la fin une règle pour couper les sections de plaque de chaque étudiant. Faites-leur écrire un court paragraphe évaluant leurs perçages de trou, le progrès réalisé d'un trou à l'autre et mentionnant ce qu'ils feraient différemment la prochaine fois.

Option #2: Même que précédemment, sauf que les trous percés sont remis à un étudiant différent.

Gougeage – Première partie

L'objectif de cet exercice est de pratiquer la préparation d'une soudure par le gougeage plasma. De plus, les étudiants auront l'occasion de réviser et pratiquer les étapes de mise en marche de l'appareil ainsi que de revoir l'utilisation adéquate des équipements de protection individuelle (ÉPI).

Minutage : 25-30 minutes

- Matériel :**
1. Le système plasma avec tous les raccords nécessaires (air, courant, mise à la terre).
 2. Des lunettes de protection pour toutes les personnes de la classe.
 3. Au moins un ensemble complet d'ÉPI (préférentiellement 2 ou +).
 4. Une copie de la « Fiche de préparation rapide ».
 5. Assez d'acier au carbone pour 2 gouges de 6" (15cm) x 1" (2.5cm) par étudiant (recommandé: une plaque de 4" (10cm) x 12" (30cm) x 3/8" (10mm) d'épaisseur par étudiant).
 6. Une règle et de la craie ou un marqueur de peinture.
 7. Des consommables de gougeage.

Directives :

1. À la craie ou au marqueur, faites 2 traits verticaux séparés de ½" (12,7mm) à ¾" (19,1mm).
2. Transportez le système jusqu'à l'aire de coupage de l'atelier.
3. Le premier candidat commence à préparer le système plasma pour le gougeage en utilisant la « Fiche de préparation rapide » : ceci requiert un changement du jeu de consommables.
4. Passez en revue pour le groupe la technique du gougeage. Mettez l'accent sur un angle de torche adéquat et un mouvement en douceur. N'oubliez pas de montrer comment la vitesse de gougeage et l'angle de la torche affectent la grandeur et la forme de la gouge.
5. Le premier candidat revêt tous les ÉPI et vérifie que le système est prêt pour le gougeage.
6. Vérifiez que tous portent leurs lunettes de protection avant que le gougeage ne débute. Faites un rappel à la classe sur la sécurité en tant qu'observateur (distance par rapport aux étincelles, garder les lunettes de protection pour toute la durée de la coupe, etc.).
7. Chaque étudiant aura l'occasion d'effectuer 2 gouges.
8. La classe observe la personne qui gouge en vue de donner des commentaires constructifs.
9. Après chaque gougeage, faites une pause et révisez la technique avec toute la classe. Soulignez les éléments qui ont été bien exécutés AVANT les suggestions/ajustements à faire. Évaluez les gouges par le fait de longer les lignes sans les traverser, l'enlèvement complet du matériau (sur le bord de la plaque) et une profondeur de gouge uniforme (la profondeur peut varier mais ne doit pas traverser la pièce).

Option #1: Écrivez le nom de chaque étudiant à côté de leurs deux gouges. Utilisez une règle pour couper les sections de plaque de chaque étudiant. Faites-leur écrire un court paragraphe évaluant leurs gouges, le progrès réalisé entre l'essai #1 et #2 et mentionnant ce qu'ils feraient différemment la prochaine fois.

Évaluation de la qualité de gouge

1. Profondeur – mesurée verticalement du fond de la gouge jusqu'au dessus de la pièce

Pas assez profond

Profondeur recherchée

Trop profond

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer la profondeur de gouge ?

2. Largeur – mesurée horizontalement d'un bord à l'autre de la gouge

Trop étroit

Largeur recherchée

Trop large

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer la largeur de gouge ?

Révision des évaluations des étudiants et synthèse

Lorsqu'un étudiant a terminé ses gouges, demandez-lui d'évaluer son travail. Les étudiants devraient être en mesure d'évaluer leurs gouges et d'utiliser les commentaires de l'instructeur pour déterminer ce qu'ils ont fait correctement ou incorrectement.

Au moment de conclure cette session, demandez à vos étudiants :

- Avez-vous des questions sur la matière qui a été vue aujourd'hui ?
- Quelle information vous a surpris ou n'était pas ce que vous en attendiez ?

Session 10: Gougeage et évaluations finales

Au cours de cette leçon, les étudiants s'exerceront une fois de plus au gougeage avec la découpeuse plasma et, par la suite, l'instructeur donnera les évaluations finales aux étudiants. Il n'y a pas de diapositives PowerPoint pour cette session. À la place, l'instructeur guidera les étudiants tout au long des activités en s'appuyant sur les directives fournies dans les pages suivantes.

Lorsque les étudiants terminent une coupe, amenez-les à évaluer leur travail en se servant des feuilles d'évaluations fournies. Bien qu'il est normal que les coupes des étudiants ne soient pas parfaites, il est important que les étudiants comprennent ce qu'ils font bien ainsi que ce qu'ils font mal, et ils doivent être capables de formuler cette compréhension sur la feuille d'évaluation.

Le minutage recommandé pour cette session est le suivant :

Sujet	Temps estimé
Introduction/Révision	5 minutes
Gougeage	25 minutes
Évaluations finales de l'instructeur.....	25 minutes
Synthèse.....	5 minutes
Temps total :	60 minutes

Avant de commencer

Il est recommandé de vous préparer pour cette session en complétant les tâches suivantes :

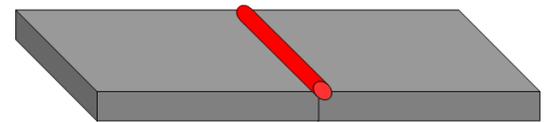
1. Installer le système plasma et s'assurer qu'il y a assez de matériaux à couper pour chacun des étudiants de la classe.
2. Se procurer des lunettes de protection pour tous les étudiants de la classe afin qu'ils puissent les utiliser pendant la démonstration.
3. Imprimer ou copier des feuillets « Évaluation de la qualité de gouge » pour chacun des étudiants de la classe (deux feuillets par étudiant).
4. Se procurer suffisamment d'acier au carbone pour deux gouges de 6" (15cm) x 1" (2.5cm) par étudiant (recommandé : une plaque de 4" (10cm) x 12" (30cm) par étudiant).

Gougeage – Deuxième partie

L'objectif de cet exercice est de pratiquer l'enlèvement de soudure par le gougeage plasma. De plus, les étudiants auront l'occasion de réviser et pratiquer les étapes de mise en marche de l'appareil ainsi que de revoir l'utilisation adéquate des équipements de protection individuelle (ÉPI).

Minutage : 25-30 minutes

- Matériel :**
1. Le système plasma avec tous les raccords nécessaires (air, courant, mise à la terre).
 2. Des lunettes de protection pour toutes les personnes de la classe.
 3. Au moins un ensemble complet d'ÉPI (préférentiellement 2 ou +).
 4. Une copie de la « Fiche de préparation rapide ».
 5. Assez d'acier au carbone pour 2 gouges de 6" (15cm) x 1" (2.5cm) par étudiant (recommandé: une plaque de 4" (10cm) x 12" (30cm) x 3/8" (10mm) d'épaisseur par étudiant).
 6. Des consommables de gougeage.



Directives :

1. Préalablement à l'exercice, faites une soudure bout à bout de 2 pièces d'acier (angle 180°).
2. Transportez le système jusqu'à l'aire de coupage de l'atelier.
3. Le premier candidat commence à préparer le système plasma pour le gougeage en utilisant la « Fiche de préparation rapide » : ceci peut exiger un changement de consommables.
4. Passez en revue pour le groupe la technique du gougeage. Mettez l'accent sur un angle de torche adéquat et un mouvement en douceur. N'oubliez pas de montrer comment la vitesse de gougeage et l'angle de la torche affectent la grandeur et la forme de la gouge.
5. Le premier candidat revêt tous les ÉPI et vérifie que le système est prêt pour le gougeage.
6. Vérifiez que tous portent leurs lunettes de protection avant que le gougeage ne débute. Faites un rappel à la classe sur la sécurité en tant qu'observateur (distance par rapport aux étincelles, garder les lunettes de protection pour toute la durée de la coupe, etc.).
7. Chaque étudiant aura l'occasion de réaliser 2 gouges.
8. La classe observe la personne qui gouge en vue de donner des commentaires constructifs.
9. Après chaque gougeage, faites une pause et révisez la technique avec toute la classe. Soulignez les éléments qui ont été bien exécutés AVANT les suggestions/ajustements à faire. Évaluez les gouges sur l'enlèvement complet du matériau, la condition des pièces séparées et l'uniformité de la profondeur de gouge.

Si cela est possible, vous aurez peut-être l'intention de re-souder les pièces gougées pour économiser des matériaux; soyez alors prudent, car des coupes et des gouges multiples peuvent rendre la pièce très chaude.

Option #1: Faites pratiquer aux étudiants la soudure bout à bout en plus des étapes de gougeage.

Évaluation de la qualité de gouge

1. Profondeur – mesurée verticalement du fond de la gouge jusqu'au dessus de la pièce

Pas assez profond

Profondeur recherchée

Trop profond

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer la profondeur de gouge ?

2. Largeur – mesurée horizontalement d'un bord à l'autre de la gouge

Trop étroit

Largeur recherchée

Trop large

| | | | | | | |

Que feriez-vous pour améliorer la largeur de gouge ?

Révision des évaluations des étudiants et synthèse

Lorsqu'un étudiant a terminé ses gouges, demandez-lui d'évaluer son travail. Les étudiants devraient être en mesure d'évaluer leurs gouges et d'utiliser les commentaires de l'instructeur pour déterminer ce qu'ils ont fait correctement ou incorrectement.

Au moment de conclure cette session, demandez à vos étudiants :

- Avez-vous des questions sur la matière qui a été vue aujourd'hui ?
- Quelle information vous a surpris ou n'était pas ce que vous en attendiez ?

Évaluation pratique finale et notation du cours

Comme les étudiants terminent ainsi le dernier exercice de gougeage, rencontrez chaque étudiant individuellement pour faire la revue de leurs coupes et de leurs feuilles d'évaluation ; procédez ensuite à la rétroaction et à une remédiation personnalisée à celui-ci si nécessaire.

Pour chaque étudiant, vous devriez normalement avoir les échantillons de coupe pour chacune des activités suivantes :

1. Coupe à main levée..... 20%
2. Coupe avec gabarit 20%
3. Perçage de trou..... 20%
4. Gougeage pour préparer une soudure 20%
5. Gougeage pour enlever une soudure 20%

Passez en revue les coupes et les feuilles d'évaluation de l'étudiant pour chacune de ces cinq activités. Il est recommandé de ne donner à l'étudiant qu'un compte-rendu verbal en classe et de, par la suite, revoir les coupes avec plus de minutie, lorsque vous aurez plus de temps pour vous y attarder après la classe, pour attribuer une note « pratique » pour chacune des coupes. Souvenez-vous qu'au final vous ne donnez pas une note sur la qualité de coupe, mais bien sur la capacité de l'étudiant de comprendre ce qu'il a bien fait et ce qu'il n'a pas réussi, ainsi que sa capacité à bien formuler sa compréhension sur les feuilles d'évaluation des coupes.

Au moment de calculer la note finale pour ce cours, il est recommandé d'utiliser la pondération suivante :

- Note sur l'examen théorique 50%
- Note sur les coupes de la partie pratique 50%