BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR ASSISTANCE TECHNIQUE D’INGÉNIEUR

**Épreuve E4 - Sous-épreuve E4.2**

**Vérifications des performances mécaniques et électriques d'un système pluritechnologique**

SESSION 2021

Coefficient 3 – Durée 3 heures

**Matériel autorisé** :

L’usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L’usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Aucun document autorisé

# Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu’il est complet. Le sujet se compose de 21 pages, numérotées de 1/21 à 21/21.

* **Sujet :**
  + **présentation du support (10 minutes)** pages 2 à 3 ;
  + **partie 1 (30minutes)** pages [4](#_bookmark0) à 5 ;
  + **partie 2 (50 minutes)** pages 5 à 6 ;
  + **partie 3 (1 heure 30)** pages [6](#_bookmark3) à [9](#_bookmark4) ;
* **Documents techniques** pages [10](#_bookmark5) à [20](#_bookmark17) ;
* **Documents réponses** page [21](#_bookmark20)

# Le sujet comporte 3 parties indépendantes, elles peuvent être traitées dans un ordre indifférent, les durées sont données à titre indicatif.

**Les documents réponses DR 1 à DR 3** (**page** [**21**](#_bookmark20)**) seront à rendre agrafés aux copies.**

**Présentation du support : robot de soudage MIG sur rail**



L’entreprise GEISMAR Stumec fabrique des machines pour la pose et la rénovation des voies de chemin de fer appelées « tirefonneuses ».

Ces machines permettent de : scier, percer, boulonner, tronçonner, meuler les rails…

Les machines sont constituées d’un châssis mécano-soudé à partir de tubes

d’acier. Les différentes pièces qui constituent le châssis de la machine sont assemblées par soudage sur des postes manuels et sur un poste robotisé.

Etapes de fabrication du châssis de la « tirefonneuse »

Etape 1 : préparation des pièces pour le soudage robotisé

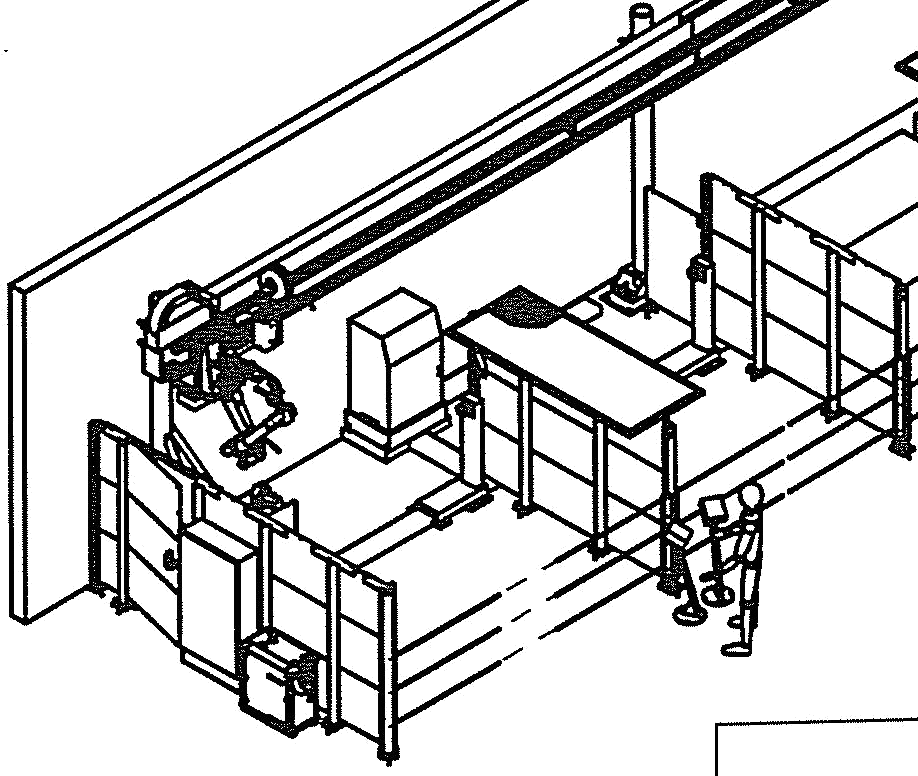
Etape 2 : soudage robotisé du châssis

Etape 3 : mise en peinture du châssis Etape 4 : assemblage des composants sur le châssis

Pour réaliser ces châssis, l’entreprise dispose de plusieurs cabines de soudage manuel et d’un poste robotisé constitué de deux cabines. Ce poste est équipé d’un robot de soudage unique qui se déplace sur un rail pour pouvoir souder dans les deux cabines.

Implantation du robot :



Rail de guidage du robot

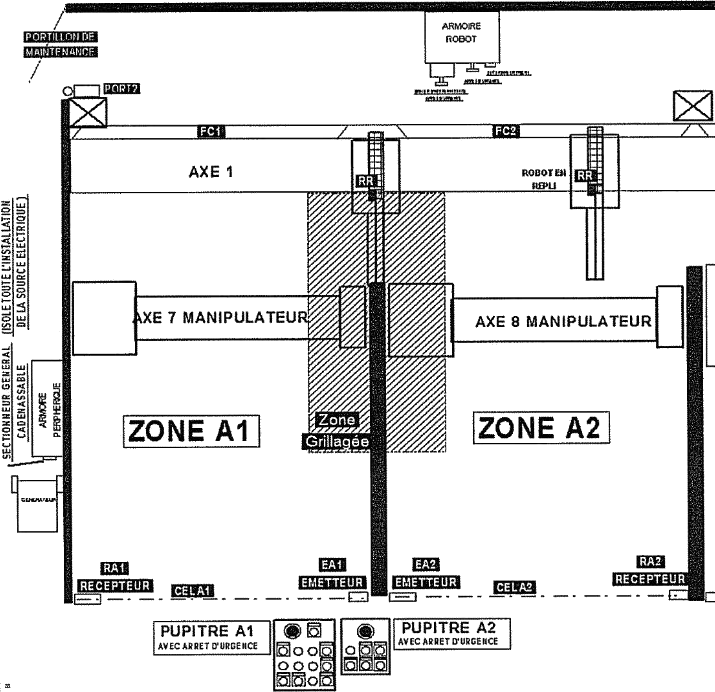
Robot de soudage

Deux Barrières de protection pour les cabines de soudage gauche et droite

Robot de soudage

Plan d’implantation du robot de soudage :

L’opérateur réalise la préparation du montage à souder dans une des cabines de soudage (droite ou gauche) en temps masqué pendant que le robot soude dans l’autre cabine.



Cabine de droite

Cabine de gauche

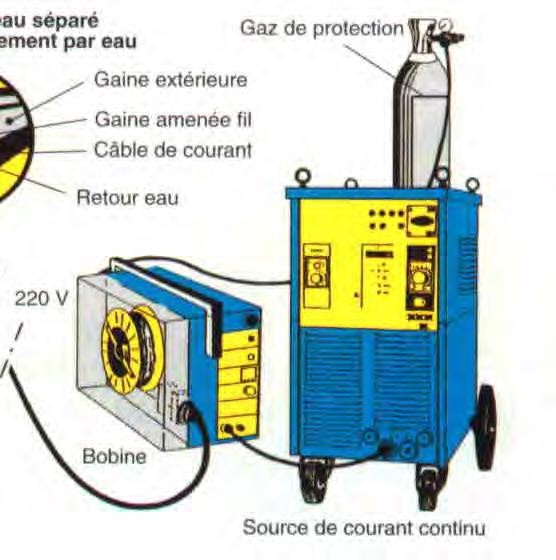
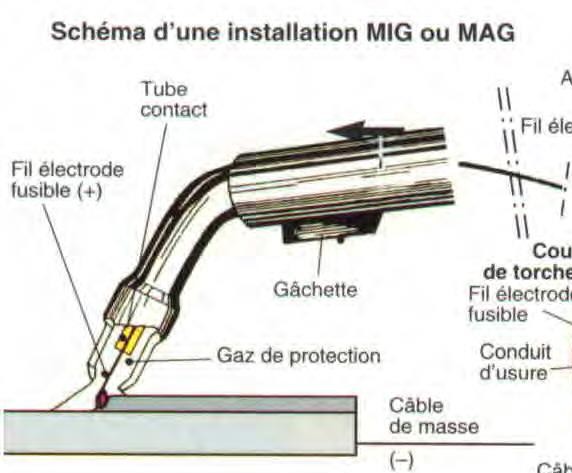
Pour faire face à une augmentation de ses commandes, l’entreprise a décidé d’investir dans une troisième cabine de soudage robotisée. Cette solution permet d’augmenter le taux d’utilisation du robot de soudage et la productivité.

Le sujet propose d’étudier l’impact de cette évolution sur les équipements actuels.

**Partie 1 :** **quel est l’impact sur les équipements de soudage ?**

L’objectif de cette partie est de vérifier si le matériel existant (poste à souder et câbles d’alimentation) est correctement dimensionné afin de respecter les conditions de soudage prévues par le bureau d’étude pour assembler le châssis.

Le procédé de soudage installé sur le robot est un procédé M.I.G. (Metal Inert Gas). Ce procédé fait partie des procédés de soudage à l’arc électrique en atmosphère gazeuse avec électrode fusible. Un arc électrique jaillissant au sein d’une atmosphère inerte entre les pièces à souder et une électrode consommable assure la fusion simultanée des bords des pièces à assembler et du métal d’apport.



**Partie 1.1. :** augmentation du facteur de marche du poste de soudage

Avec le nouveau dispositif le facteur de marche du poste à souder doit pouvoir être de 100%.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.1.1.  Voir [DT 1](#_bookmark6) | D’après le document constructeur, **donner** l’intensité maximale du poste à souder pour fonctionner dans ces conditions. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.1.2.  Voir [DT 1](#_bookmark6) | D’après le document constructeur, **donner** la tension du soudage pour avoir l’intensité souhaitée. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.1.3.  Voir [DT 7](#_bookmark11) | D’après les normes de sécurité, **indiquer** le domaine de tension et si cette tension est dangereuse, **justifier.** |

**Partie 1.2. :** vérification des câbles du circuit de soudage

L’intensité maximale est limitée à 300 A. La section des câbles de soudage est 35 mm². Pour implanter une troisième cabine, la longueur du câble entre le poste d’alimentation et la torche de soudage doit être de 14 m. Le câble est composé de deux conducteurs actifs.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.2.1.  Voir [DT 1](#_bookmark6) | **Indiquer** si la longueur des câbles est compatible avec les données du constructeur du poste de soudure |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.2.2. | Le poste à souder se comporte comme un générateur de courant constant. **Donner** l’influence de la longueur des câbles sur la tension et le courant de soudage. |

On prendra comme hypothèse que le générateur a une tension de 35 V, la résistivité des câbles est de 22,5 mΩ·mm²·m-1.

Rappel : la résistance d’un câble est : 𝑅 = . 𝐿

𝑆

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.2.3. | **Calculer** la tension à l’extrémité du câble. |

L’utilisation du procédé de soudage M.I.G. impose un réglage fin des paramètres de soudage (tension et intensité) afin d’obtenir une bonne qualité du cordon de soudure. Ainsi plusieurs modes de transfert du métal dans l’arc électrique sont possibles : court-circuit, grosse goutte, pulvérisation axiale. C’est ce dernier mode qui est choisi parce qu’il donne la meilleure qualité de soudure.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.2.4.  Voir [DT 15](#_bookmark17) | **Vérifier** que ce mode de transfert est bien atteignable avec les valeurs de tension et d’intensité déterminées. |

**Partie 2 : quel est l’impact sur la distribution électrique du générateur de soudure ?**

**Partie 2.1. :** vérification des puissances et du respect des normes.

Dans les conditions nominales de fonctionnement la tension et l’intensité sur le circuit de soudage sont : 30 V, 300 A.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.1.1.  Voir [DT 4](#_bookmark9) | Le poste à souder est raccordé sur un réseau 3 x 400 V, **donner** le nom du couplage des enroulements du circuit primaire. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.1.2.  Voir [DT 2](#_bookmark7), [DT 3](#_bookmark8) | Le poste à souder est de catégorie A, **vérifier** s’il est conforme à la norme sur les harmoniques pour les harmoniques de rang 5 et 7. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.1.3. | **Proposer** des solutions pour qu’il puisse répondre à la norme. |

**Partie 2.2. :** vérification de la protection du générateur de soudage.

Des simulations de l’alimentation électrique des cabines de soudages ont été réalisées pour choisir le disjoncteur et le câble d’alimentation à mettre en place.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.2.1.  Voir [DT 4](#_bookmark9), [DT 5](#_bookmark10) | Le courant de démarrage est estimé à 7 fois le courant nominal.  **Justifier** cette hypothèse. |

La simulation indique un réglage incorrect du réglage magnétique, elle propose 353 A comme valeur.

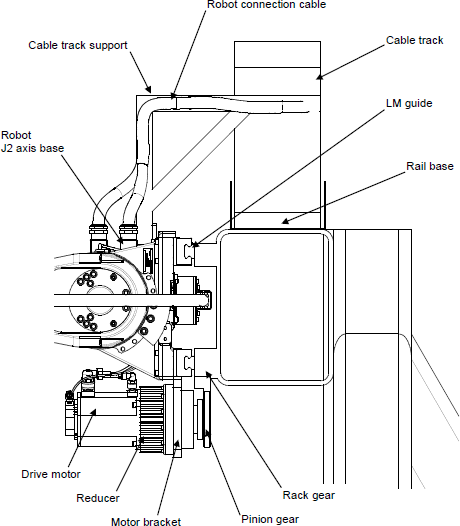
|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.2.2. Voir [DT 5](#_bookmark10), DT6. [DR 1](#_bookmark18) | **Donner** sur DR1 la valeur numérique des courants : Ib, ITH, IZ, IM, PDC. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.2.3.  [DR 1](#_bookmark18) | **Indiquer** sur le document [DR 1](#_bookmark18), la zone de fonctionnement en court-circuit du disjoncteur. |

Le choix du disjoncteur est NSX100 avec un module Micrologic. La valeur de réglage du début de la zone thermique IR est de 42 A. La valeur de réglage du début de la zone magnétique Isd est 353A. La fiche de réglage indique les positions sur lesquelles sont réglés les différents potentiomètres.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.2.4.  Voir [DT 8](#_bookmark12) | **Indiquer** pour chacun des potentiomètres si le réglage est correct, sinon préciser la valeur sur laquelle, on doit positionner le potentiomètre. |

**Partie 3 :** **quel est l’impact sur les déplacements du robot ?**

Le robot se déplace en translation sur un rail. Ce mouvement est motorisé par une chaine de transmission de puissance composée d’un moteur, d’un réducteur et d’un système pignon crémaillère.

L’ajout de la nouvelle cabine impose de rallonger le rail de guidage.

Pour augmenter la vitesse de déplacement du robot, on souhaite également changer le réducteur.

**Partie 3.1. :** Vérification de la tenue de la poutre.

La poutre actuelle sur laquelle repose le rail n’étant pas assez longue pour exploiter la troisième cabine, une nouvelle longueur de poutre va être ajoutée. Celle-ci est fixée en bout de la poutre actuelle par soudage afin de réaliser une liaison encastrement. Le poteau est replacé à l’extrémité de la nouvelle poutre constituée.



Poutre actuelle

Poutre ajoutée

Afin de vérifier la viabilité de cette solution une première étude est faite avec les hypothèses suivantes : la poutre est considérée comme encastrée à chaque extrémité et le poids du robot est ramené dans le plan de symétrie de la poutre

Caractéristiques de la poutre :

* section rectangulaire 350 x 250 mm, épaisseur 8 mm
* longueur : 9900 mm
* matière : S235JR (acier de construction avec Re = 235 MPa)

Afin de respecter les contraintes de précision du robot, le bureau d’étude impose une limite de déplacement de la poutre de 0,2 mm.

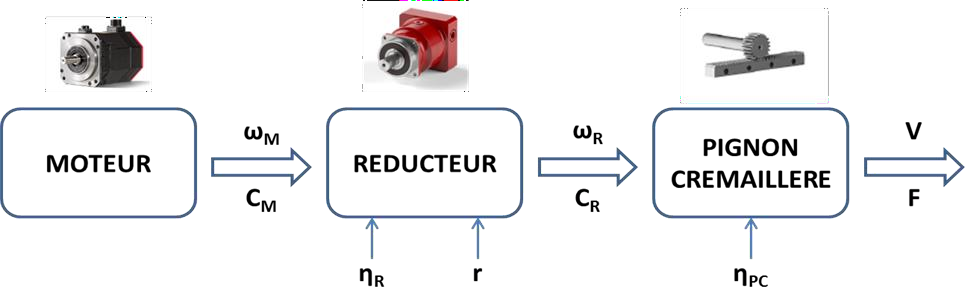
|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.1.1.  Voir [DT 10](#_bookmark14) | **Indiquer** le type de sollicitation à laquelle est soumise la poutre selon les hypothèses prises par le bureau d’étude. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.1.2.  Voir [DT 10](#_bookmark14) | **Relever** la contrainte maximum et le déplacement maximum de la poutre.  **Conclure** sur le respect des contraintes du cahier des charges ci-dessus. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.1.3. | **Donner** une ou plusieurs solutions de modifications qui permettraient d’être conforme aux exigences des déformations. |

**Partie 3.2. :** Choix du réducteur

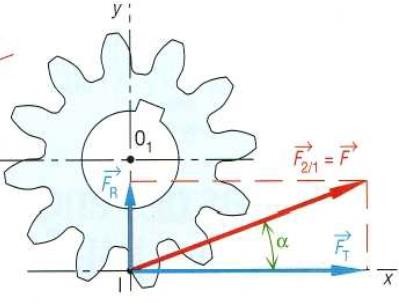
La chaine de transmission de puissance de déplacement du robot sur le rail est décrite ci- dessous.



Le diamètre primitif de l’engrenage DP = 120 mm et la vitesse de déplacement souhaitée du robot V = 2 m·s-1

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.2.1. | C**alculer** la vitesse de rotation en sortie du réducteur. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.2.2.  Voir [DT 9](#_bookmark13),  [DT 14](#_bookmark16) | À partir de la fréquence de rotation du moteur (DT14), **calculer** le rapport de réduction souhaitable. **Conclure** sur le choix du rapport de réduction (DT9). |

L’action de contact F⃗⃗⃗(⃗⃗2⃗⃗→⃗⃗⃗1⃗→) schématise

l’action exercée par la crémaillère sur le pignon. Elle est portée par la ligne de pression inclinée d’un angle α appelé angle de pression.

Le bureau d’étude a conduit un dimensionnement en dynamique du système dans le cas le plus défavorable à savoir lors d’un arrêt d’urgence. Les calculs ont permis de déterminer la composante sur 𝑥 de ⃗F⃗⃗(⃗⃗2⃗⃗→⃗⃗⃗1⃗→) à savoir FT.

FT permet de définir le couple en sortie du réducteur.

Pour la suite on prendra FT = 3015 N.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.2.3.  Voir [DT 9](#_bookmark13) | **Calculer** le couple nécessaire en sortie du réducteur.  **Comparer** cette valeur avec le couple d’arrêt d’urgence *(Emergency stop torque)* que peut supporter le réducteur. |

**Partie 3.3. :** Vérification des puissances de la motorisation du déplacement du robot

Les courbes DT11 sont les résultats d’une simulation du déplacement du robot d’une cabine à l’autre.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.3.1. Voir DT11  [DR 2](#_bookmark19) | A partir des courbes de simulation, **compléter** le document réponse DR2. |

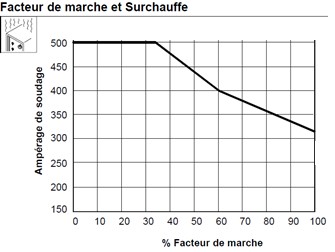
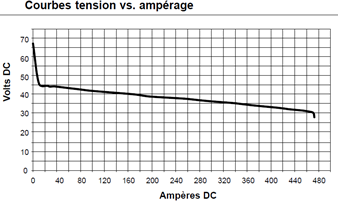
|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.3.2. Voir DT11 | On souhaite obtenir une décélération identique à l’accélération. Indiquer la distance de décélération. **Calculer** la distance parcourue à vitesse constante. **Calculer** le temps de de déplacement entre deux cabines distante de 3,8 m. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.3.3.  Voir DT 14 | La référence du moteur est M8/4000i. Ce moteur a une paire de poles. **Calculer** la fréquence des tensions qui permet de faire tourner le moteur à 4000 tr.min-1. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.3.4. Voir DT12 | **Choisir** un variateur de vitesse qui permet d’alimenter le moteur. Le réseau d’alimentation est en triphasé 400V, nous utiliserons un filtre CEM. |

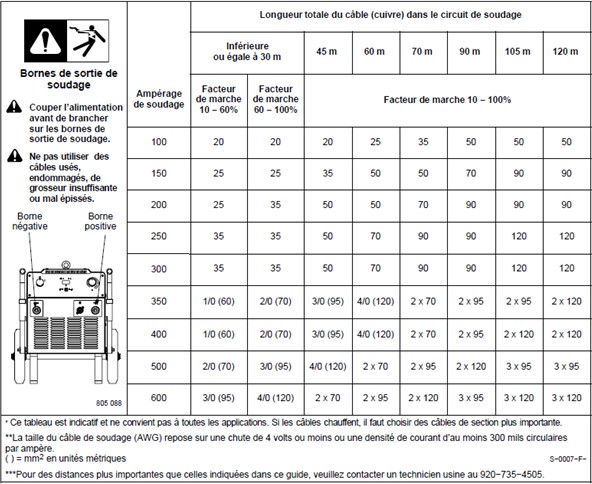
|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.3.5.  Voir [DT 13](#_bookmark15)  [DR 3](#_bookmark20) | **Compléter** la fiche de programmation du variateur de vitesse que le technicien va utiliser pour paramétrer le variateur. Nous utilisons un contrôle simple de vitesse. |

**DT 1. Caractéristique électrique du poste à souder**



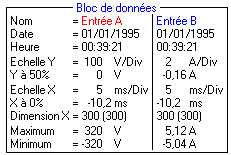
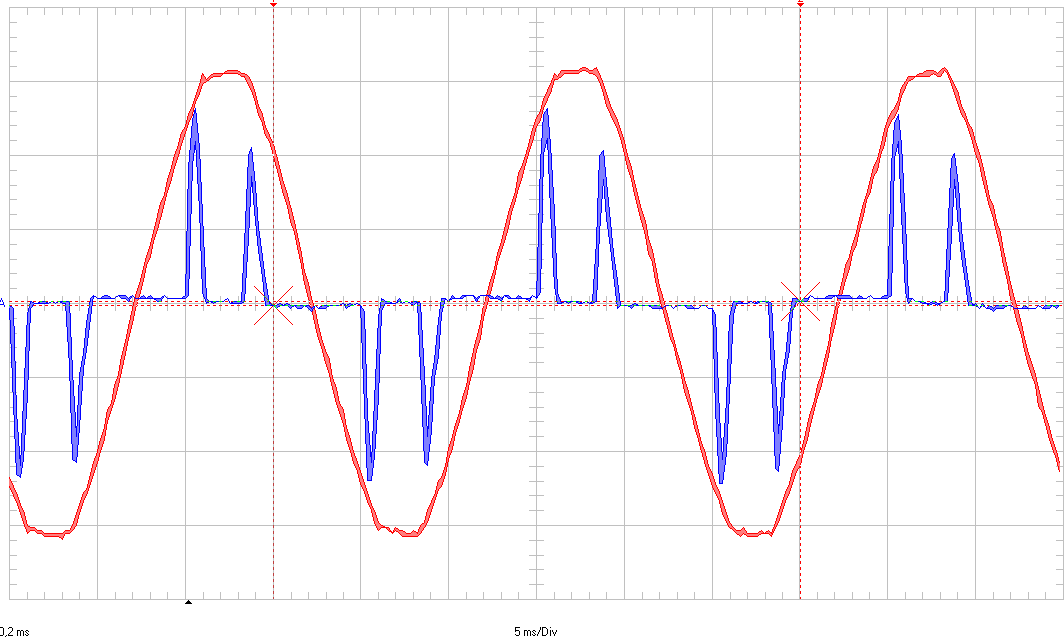
Le facteur de marche est le pourcentage de 10 minutes auquel l’appareil peut souder avec un ampérage nominal sans surchauffe.

Bornes de sortie de soudage et choix de la dimension des câbles : section des câbles.



**DT 2. Mesure électrique sur le poste de soudage**

Relevé de la tension simple (230V) et courant absorbés par le poste de soudage.



Tension

= Courant

23/02/2019

15:20:00

60 A/Div

0 A

5 ms/Div

0 A

300 (300)

162 A

-162 A

= Tension 23/02/2019

15:20:00

100 V/Div

0 V

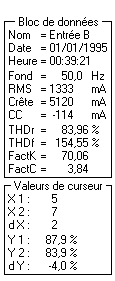
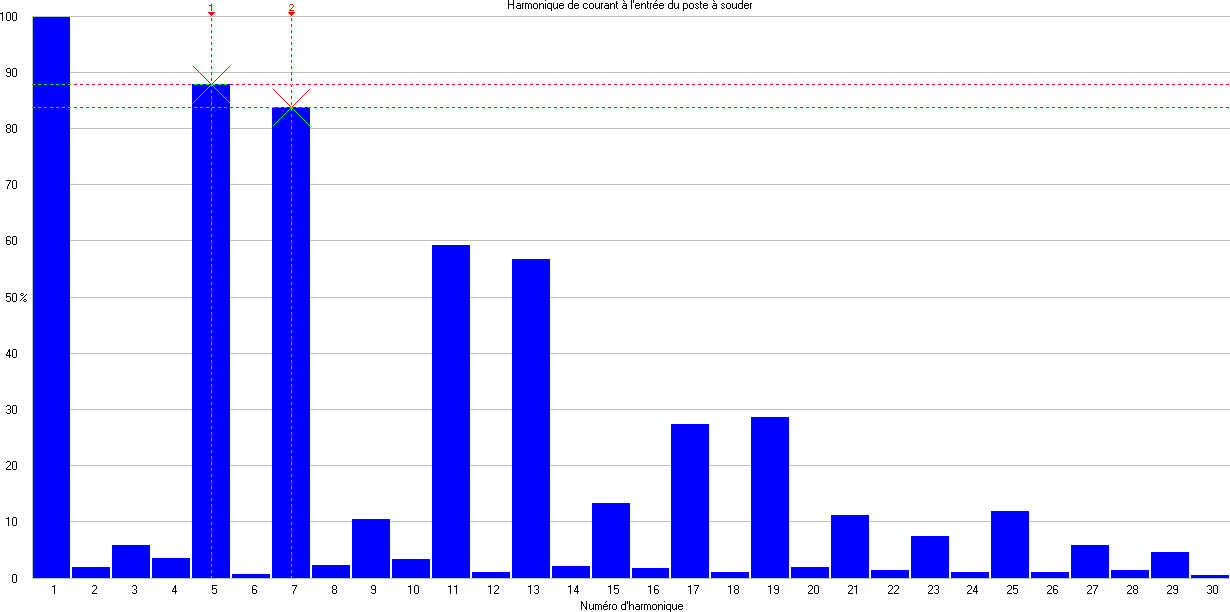
5 ms/Div

0 ms

300 (300)

320 V

-320V



Spectre du courant absorbé par le poste à souder : **Fondamental = 23 A**

Curseurs 1 et 2.

Lecture des curseurs 1 et 2.

Fondamental

Courant

23/02/2019

15:20:00

50.0 Hz 42 A 162 A 0 A

**DT 3. Norme de pour les harmoniques 61000-3-2**

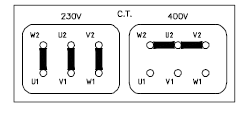
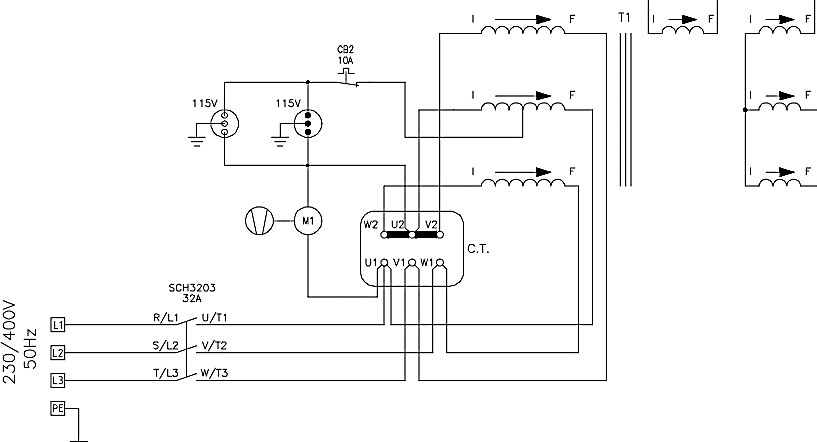
La norme IEC 61000-3-2 détermine les valeurs efficaces à ne pas dépasser pour les

courants harmoniques jusqu'au rang 40.

Cette norme est divisée en quatre classes, en fonction du type d'appareils utilisés, des niveaux de puissance et de la forme du courant absorbé.

Classe A: appareils triphasés équilibrés, et tous les appareils, exceptés:

- les appareils domestiques inférieurs à 75W



Circuit magnétique du poste à souder

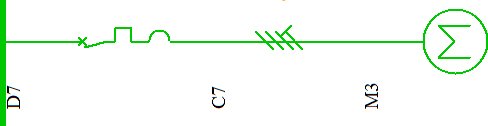
La mesure du courant et de la tension ont été effectuée à ce point.

|  |  |
| --- | --- |
| **Rang harmonique** | **Courant harmonique maximal admissible** |
| **2** | **1,08 A** |
| **3** | **2,3 A** |
| **4** | **0 43 A** |
| **5** | **1,14 A** |
| **6** | **0,30 A** |
| **7** | **0,77 A** |
| **9** | **0,4 A** |
| **11** | **0,19 A** |
| **13** | **0,17 A** |
| **n >15 (impair)**  **n >6 (pair)** | **0,15 A x 15/n**  **0,23 A x 8/n** |

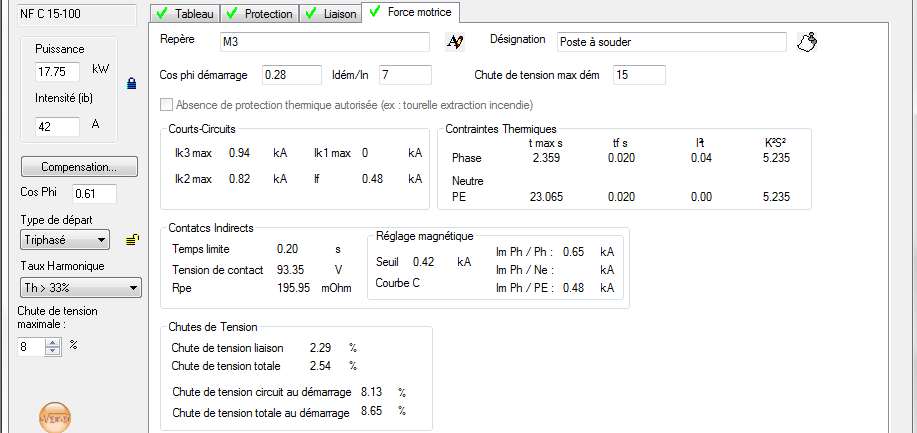
**DT 4. Raccordement du poste à souder** [**Question 2.1.1**](#_bookmark1)

Plaque à bornes

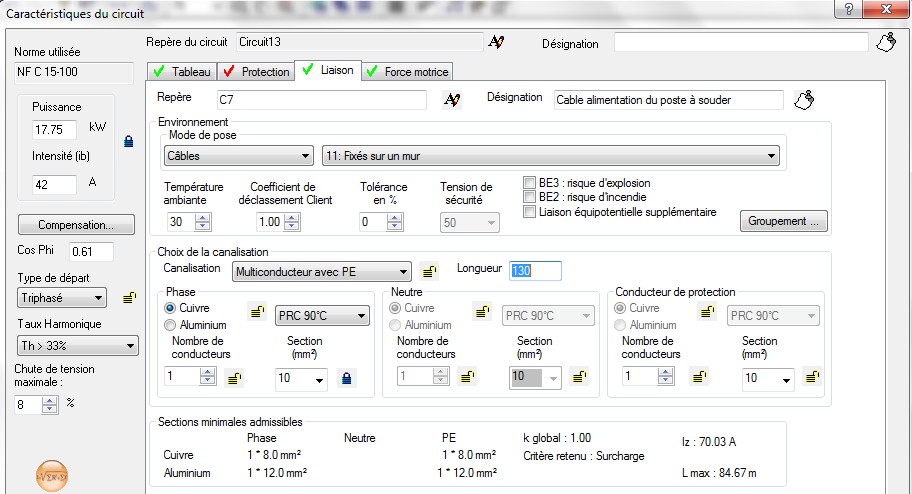
**DT 5.** **Simulation de l’alimentation du poste de soudage.**

Schéma de distribution simulé.

Configuration des caractéristiques électriques du poste à souder et résultats de la simulation

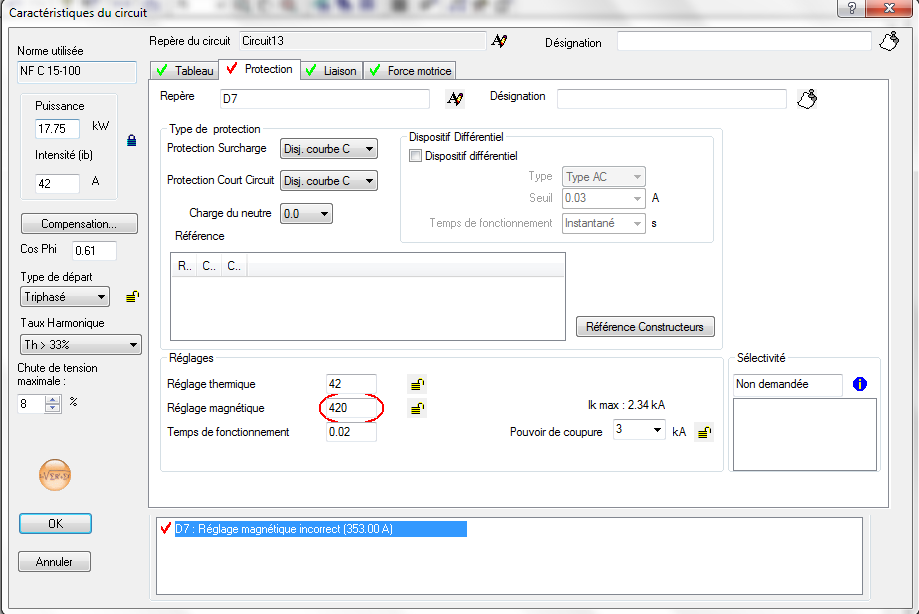


Configuration du câble d’alimentation



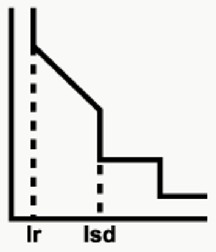
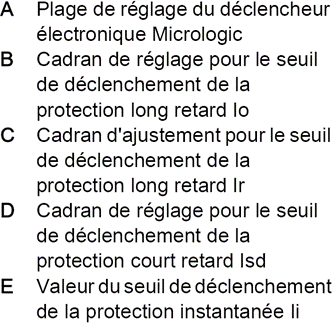
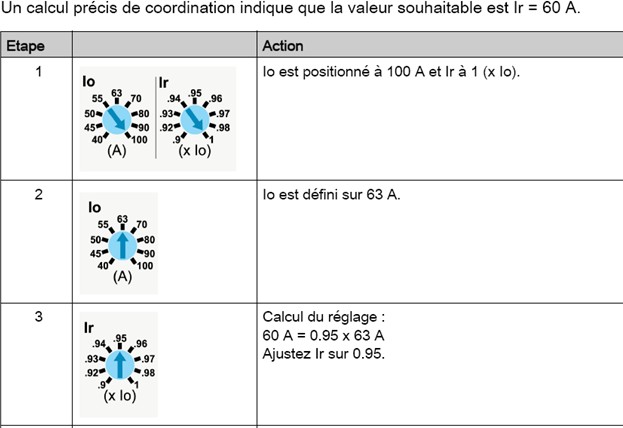
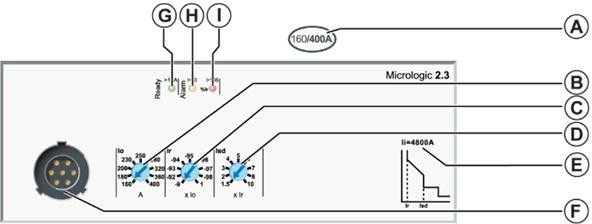
**DT 6. Simulation de l’alimentation du poste de soudage, suite.**[**Question 2.2.1**](#_bookmark2)

Configuration de la protection

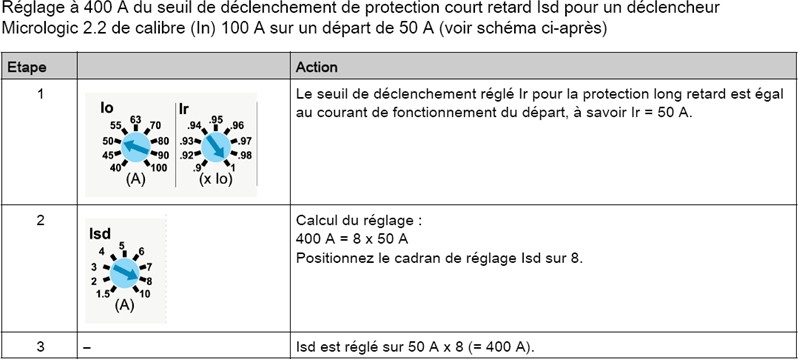


**DT 7. Normes de sécurité.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Domaine de tension | Courant alternatif | Courant continu | Danger |
| TBT | **U ≤ 50 V** | **U ≤ 120 V** | **Non** |
| BT | **50 < U ≤ 1000 V** | **120 < U ≤ 1500 V** | **Oui** |
| HTA | **1000< U ≤ 50kV** | **1500 < U ≤ 75 kV** | **Oui** |
| HTB | **U > 50kV** | **U > 75 kV** | **Oui** |

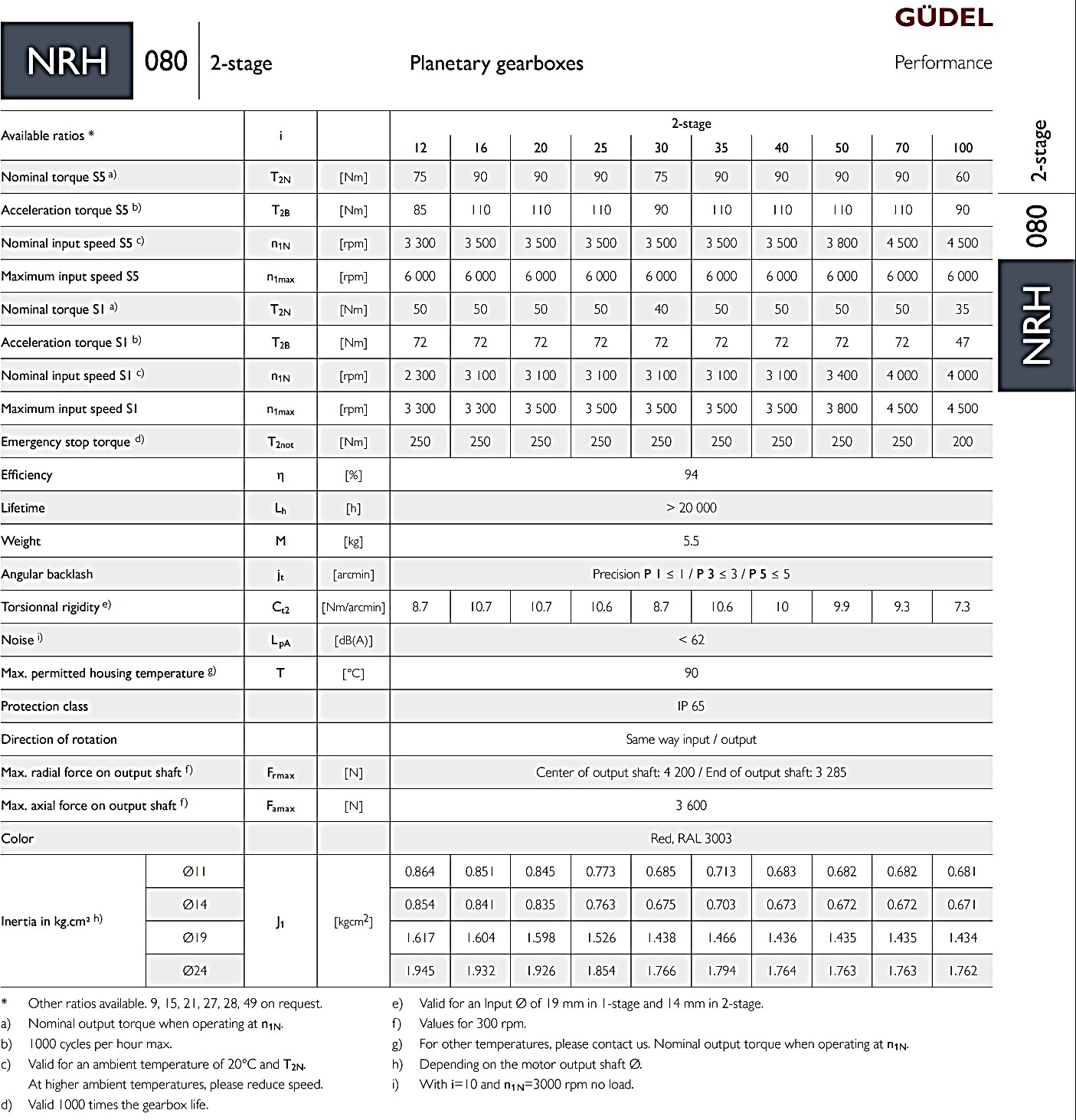


**DT 8. Caractéristique des déclencheurs Micrologic pour les disjoncteurs NSX**



|  |  |
| --- | --- |
|  | **FICHE DE RÉGLAGE** |
| Désignation du poste de travail : | **Robot de soudage** |
| Réglage : Disjoncteur : | |

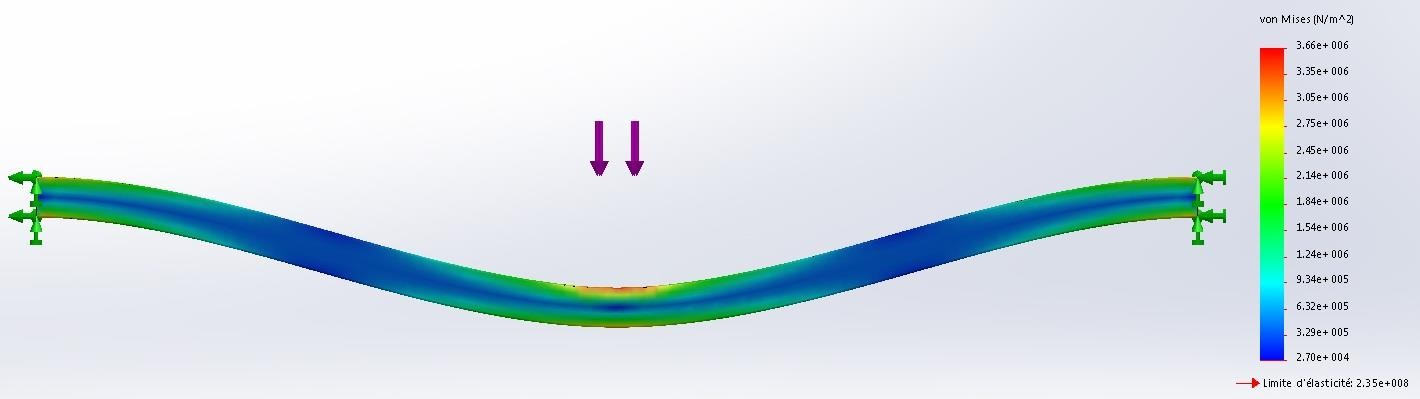
**DT 9. Réducteur GÜDEL de type NRH**



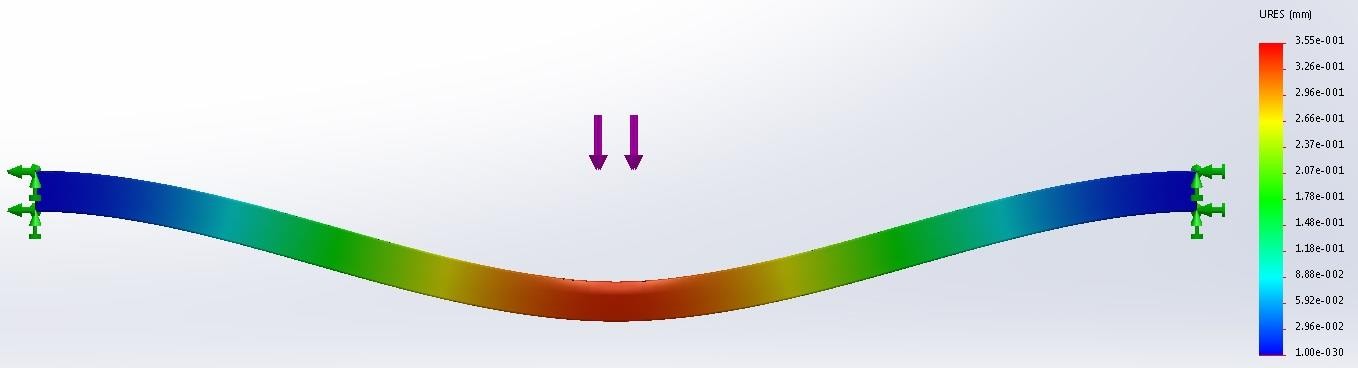
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| BTS assistance technique d’ingénieur | | Session 2021 |
| Sous épreuve E4.2 | Code : ATVPM-NC | Page 16 sur 21 |

**DT 10.** **RDM de poutre**

Résultats pour la contrainte :

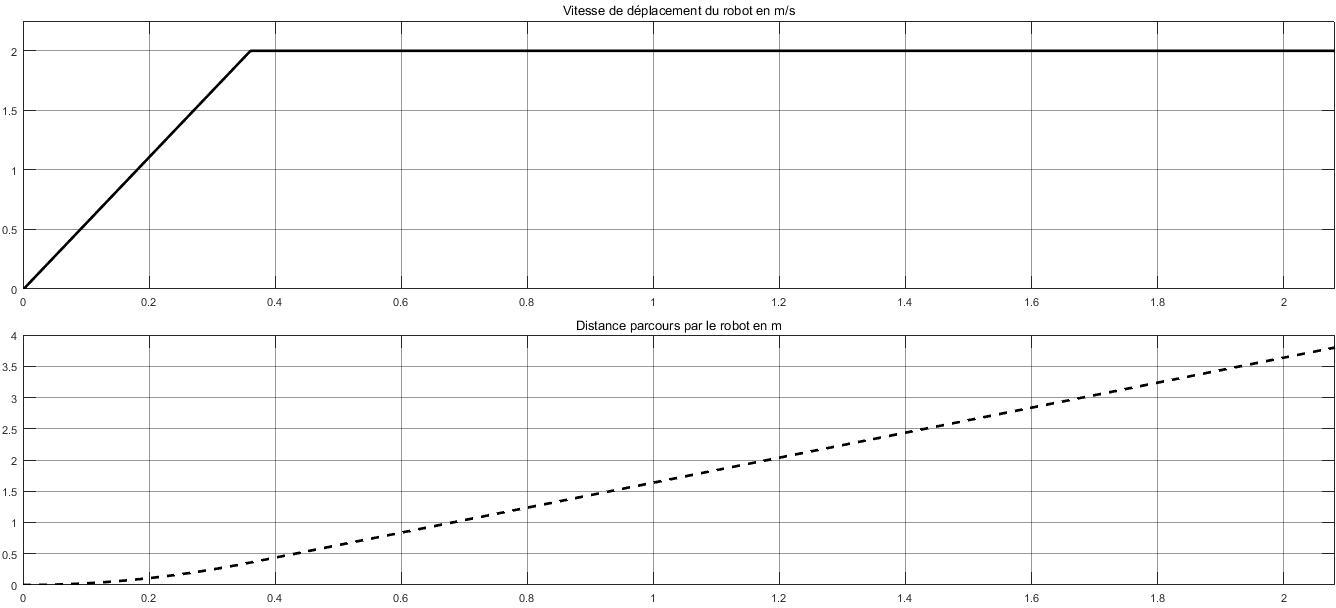


Résultat pour le déplacement :



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| BTS assistance technique d’ingénieur | | Session 2021 |
| Sous épreuve E4.2 | Code : ATVPM-NC | Page 17 sur 21 |

V



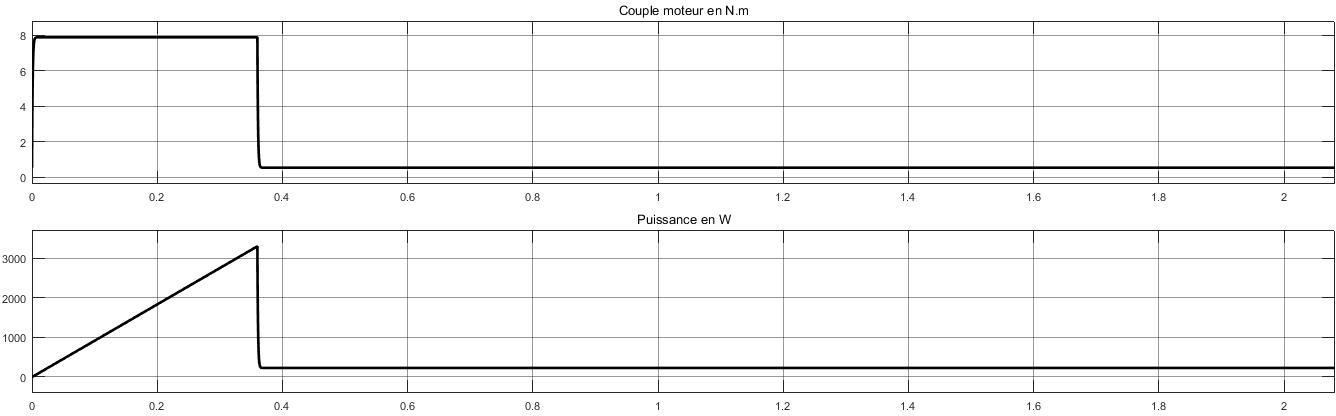
t

Distance parcourue par le robot en m

Vitesse de déplacement du robot en m.s-1

**DT 11. Courbes de simulation de déplacement du robot.**

D



t

C

Couple du moteur en N.m

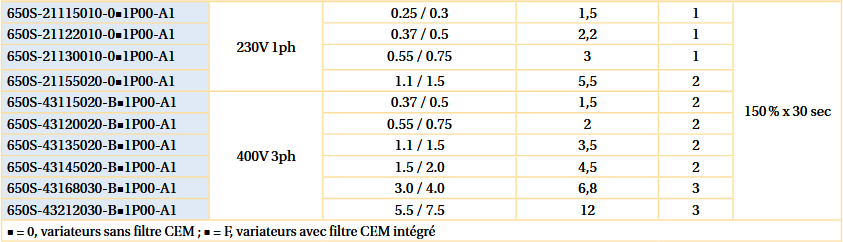
t

P

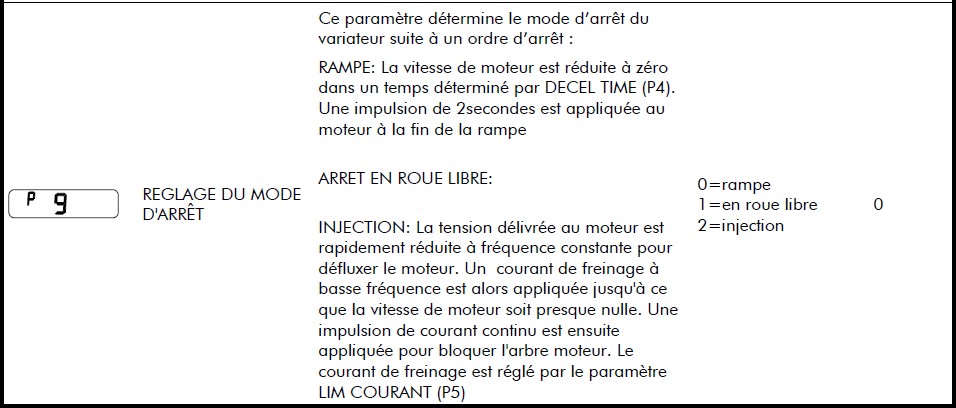
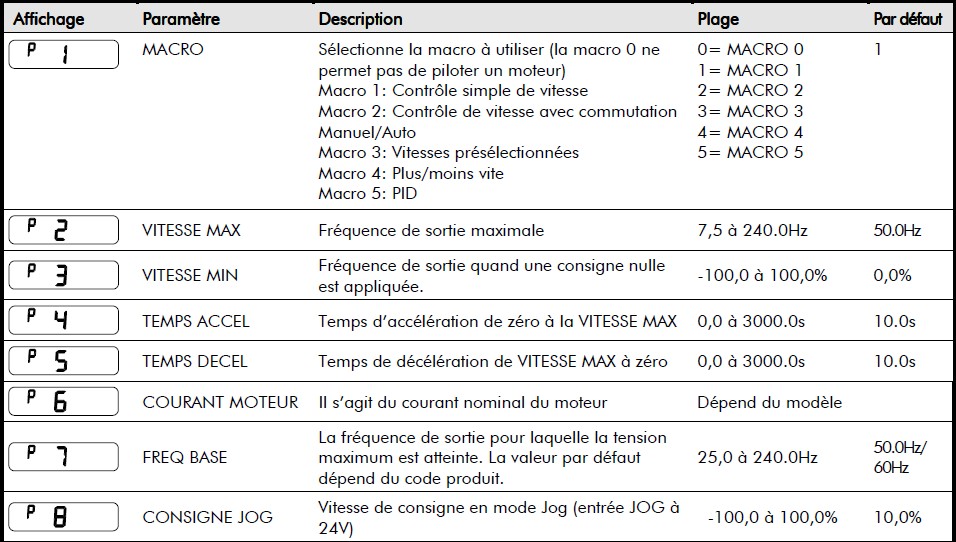
t

Puissance en W

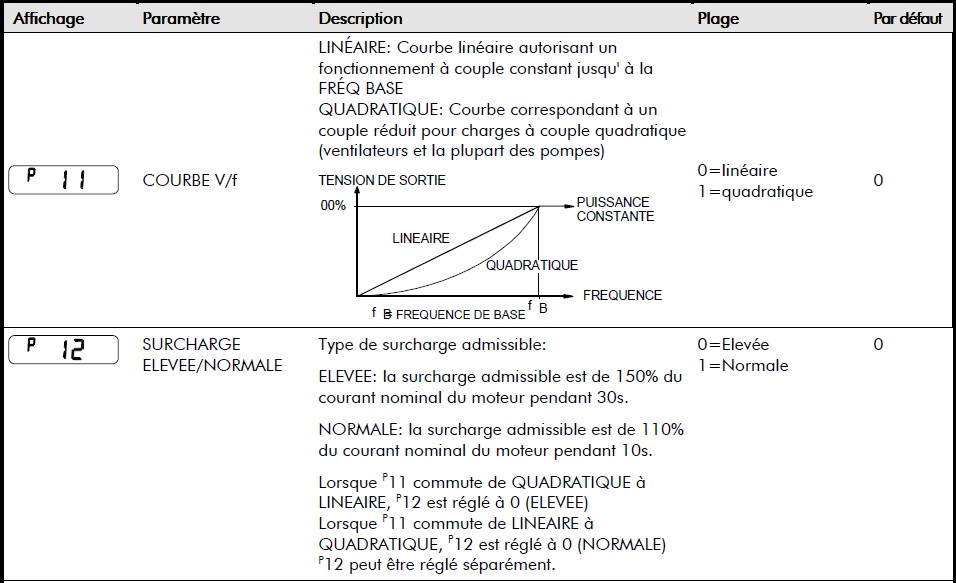
**DT 12. Caractéristique électrique des variateurs de vitesse Parker.**



t



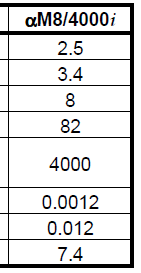
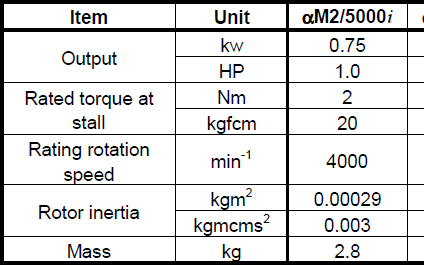
**DT 13. Paramètres configurables du variateur.**



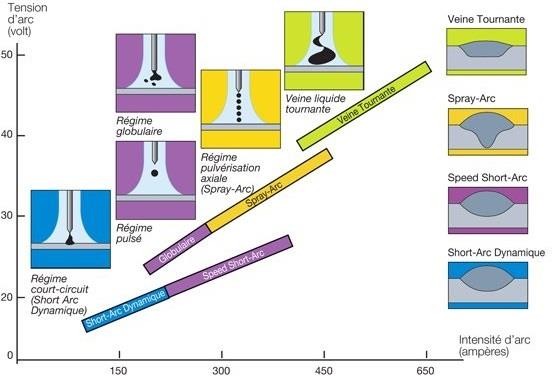
Pourcentage du temps de fonctionnement

**DT 14. Caractéristique du moteur pour la translation**

Le moteur présent sur le système est le model **M8/4000i**



**DT 15. Procédé de soudage**



**DR 1. Graphique des courants dans l’installation**

Ib : courant d’emploi, IN courant nominal du disjoncteur, Iz courant que peut supporter le câble,

Im courant magnétique du disjoncteur, Pdc pouvoir de coupure.

0 Ib IZ

IN =ITH Im Pdc

**DR 2.** **Analyse des simulations**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Valeurs relevées |
| Le temps d’accélération. |  |
| La puissance maximale. |  |
| Le couple maximal |  |
| La vitesse maximale. |  |
| La distance parcourue à la fin de l’accélération. |  |

**DR 3.** **Fiche de réglage du variateur**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | **FICHE DE REGLAGE** | |
| Désignation du poste de travail | | **Robot de soudage** | |
| Réglage : variateur de vitesse pour le moteur de déplacement du robot: | | | |
| Paramètre du variateur | Valeur à implanter | Paramètre du variateur | Valeur à implanter |
| P1 |  | P6 | **6.8** |
| P2 |  | P7 | **50** |
| P3 |  | P9 |  |
| P4 |  | P11 |  |
| P5 |  | P12 | **0** |