BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR ASSISTANCE TECHNIQUE D’INGÉNIEUR

**Épreuve E4 - Sous-épreuve E4.1**

**Étude des spécifications générales 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 24 pages, numérotées de 1/24 à 24/24.

* **Sujet :**
  + **présentation du support (5 minutes)** pages 2 à 3 ;
  + **partie 1 (50 minutes)** pages 4 à 5 ;
  + **partie 2 (45 minutes)** pages 5 à 6 ;
  + **partie 3 (40 minutes)** pages 7 à 8 ;
  + **partie 4 (40 minutes)** pages 9 .
* **Documents techniques** pages 10 à 19
* **Documents réponses** pages 20 à 24

# Le sujet comporte 4 parties indépendantes, elles peuvent être traitées dans un ordre indifférent, les durées sont données à titre indicatif.

**Les documents réponses DR1 à DR 7 (pages 20 à 24) 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.

Ci-dessous, les grandes étapes de fabrication du châssis de la tirefonneuse :

Étape 1 : préparation des pièces pour le soudage robotisé

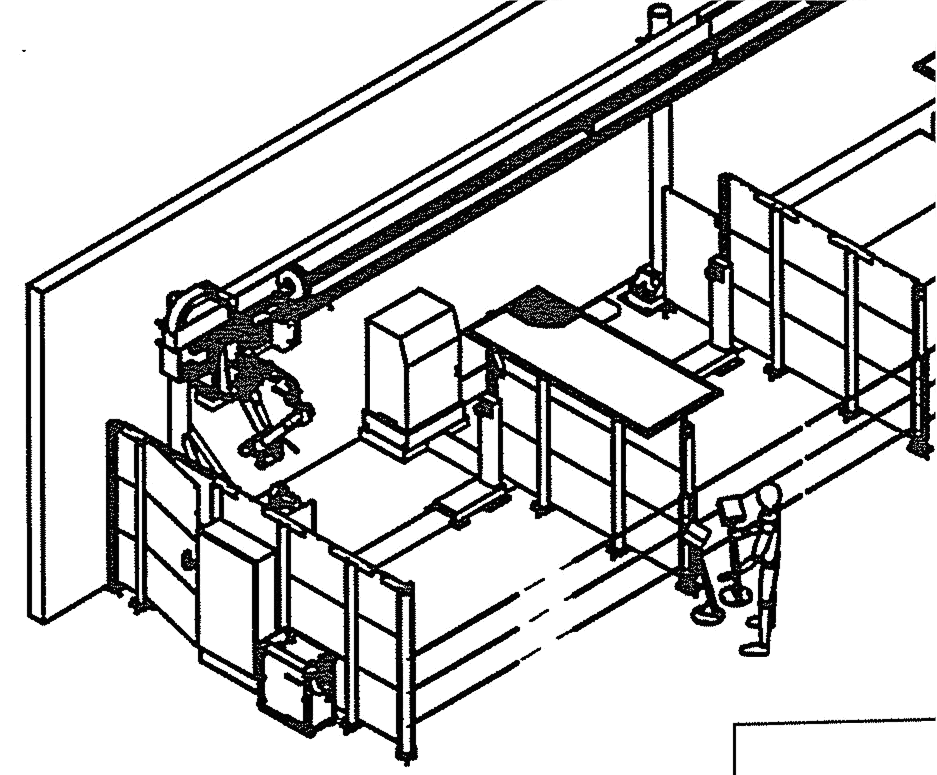
Étape 2 : soudage robotisé du châssis

Étape 3 : mise en peinture du châssis Étape 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



Robot de soudage

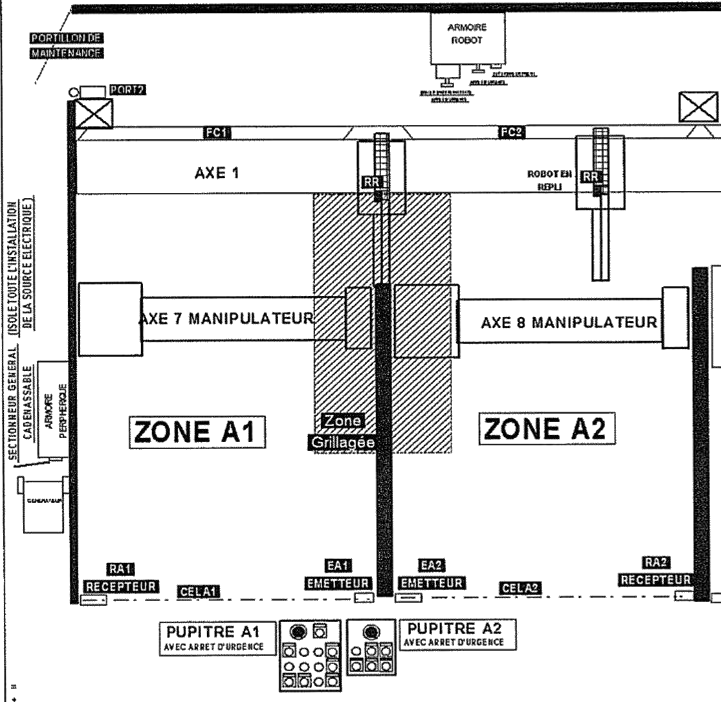
Deux barrières immatérielles pour les cabines de soudage.

Rail de guidage du robot

Robot de soudage

Plan d’implantation du robot de soudage (vue de dessus).

L’opérateur réalise la préparation du montage à souder dans une des cabines de soudage (droite ou gauche). Pendant ce temps le robot peut souder dans l’autre cabine.



# Afin d’augmenter sa capacité de production l’entreprise souhaite étudier la pertinence et l’incidence de rajouter une 3ème cabine.

Cabine de

gauche : Cg

Cabine de

droite : Cd

Zone de chargement et déchargement de la cabine de droite

**Partie 1. Peut-on augmenter la capacité de production du robot de soudage ?**

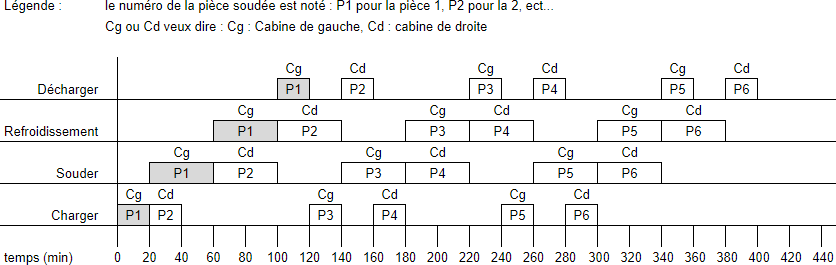
Partie 1.1. Capacité de production du poste de soudage robotisé actuel.

Le mode de fonctionnement d’une cabine du poste de soudage robotisé comprend quatre phases : le chargement, le soudage automatisé, un temps de refroidissement , le déchargement.

L’entreprise travaille sur 35h par semaine, soit 7h par jour.

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 1.1.1.  Voir [DT 1](#_bookmark2) | **Calculer** les temps de chaque phase (10, 20, 30 et 40) pour un cycle réalisé par le robot dans une cabine de soudage. |

Le diagramme GANTT ci-dessous représente la production des châssis avec deux cabines de soudage **sur une journée.**



|  |  |
| --- | --- |
| Question: 1.1.2. Voir présentation du support, page 3 | **Relever** la durée totale de cette production en minutes. **Relever** la capacité de production de châssis en une journée. **Calculer** la durée d’utilisation du robot soudeur en minutes.  **Calculer** le taux de charge du robot soudeur sur une journée. |

Partie 1.2. Évaluation de la charge du robot travaillant sur trois cabines.

On souhaite étudier l’intérêt de rajouter une troisième cabine sur le poste robotisé, **toujours avec un seul robot et toujours avec un seul opérateur**.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Cabine de soudage de gauche  Noté : Cg | Cabine de soudage centrale  Noté : Cc | Cabine de soudage de droite  Noté Cd |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 1.2.1.  [DR 1](#_bookmark12) | **Compléter** le diagramme de GANTT du dossier réponse DR1.  **Donner** la nouvelle capacité journalière de production de châssis.  **Calculer** le taux de charge du robot. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 1.2.2. | **Conclure** sur l’intérêt de rajouter une troisième cabine. |

**Partie 2. L’ajout d’une 3ème cabine de soudage est-elle économiquement pertinente ?**

Pour atteindre le même objectif de production, l’entreprise souhaite comparer deux organisations possibles.

**Organisation 1** : maintenir le poste robotisé actuel avec deux cabines et ajouter deux postes manuels de soudure, ce qui implique d’employer deux soudeurs spécialisés supplémentaires.

**Organisation 2** : ajouter une troisième cabine sur le poste robotisé ce qui ne nécessite aucun soudeur spécialisé.

Les données à utiliser sont celles-ci :

* coût d’investissement de l’utilisation d’une troisième cabine : 50 400 € ;
* période sur retour d’investissement négocié : 4 mois ;
* coût de fonctionnement du robot automatisé : 35 € par heure ;
* coût horaire d’un soudeur spécialisé : 315 € / jour / opérateur ;
* coût horaire de l’opérateur robot : 40 € / heure ;
* nombres de jours travaillés par mois : 21 jours.

Partie 2.1. Calcul du coût journalier total pour les 2 organisations (tableau en DR1).

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 2.1.1. DR1 | **Calculer** le coût journalier de la main d’œuvre supplémentaire de l’organisation 1. |
| Question: 2.1.2. DR1 | **Calculer** le coût journalier lié à l’utilisation du robot (fonctionnement + opérateur robot), pour les organisations 1 et 2. |
| Question: 2.1.3. DR1 | **Calculer** les coûts journaliers total des 2 organisations. |

Partie 2.2. Calcul du gain journalier.

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 2.2.1. DR1 | **Calculer** le gain journalier de l’organisation 2 par rapport à la 1. |
| Question: 2.2.2. DR1 | **Calculer** le gain réalisé sur 1 mois. |
| Question: 2.2.3. DR1 | **Calculer** le nombre de mois pour compenser l’investissement dû à l’utilisation d’une troisième cabine. |
| Question: 2.2.4. | En utilisant le modèle suivant, **rédiger** un mail à destination du directeur technique présentant vos conclusions chiffrées, sur la pertinence de l’organisation 2 :  Expéditeur : étudiant BTS ATI Date : 10/05/2020  Destinataire : directeur technique  Objet : Pertinence de l’implantation d’une troisième cabine de soudage.  Bonjour,  … |

**Partie 3. Comment assurer la sécurité de la nouvelle cabine de soudage ?**

Pour assurer la sécurité de la nouvelle cabine de soudage liée à la présence du robot, le choix d’utiliser des barrières immatérielles est retenu.

Partie 3.1. Choix de la barrière immatérielle.

L’opérateur se situe plusieurs fois par jour dans la zone de soudage pour le montage des châssis. En cas d’accident avec un robot, le décès de l’opérateur est probable. L’utilisation d’une barrière immatérielle permet d’éviter ce risque.

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.1.1.  Voir [DT 3](#_bookmark4) | A partir de la norme EN62061, **indiquer** les valeurs des paramètres retenus et **déterminer** le niveau SIL (niveau d’intégrité de sécurité) de l’installation. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.1.2.  Voir [DT 4](#_bookmark5), [DT 5](#_bookmark6) | Le bureau d’étude a retenu une barrière de type CA4 et un relais de sécurité DOLD LG5925 pour équiper la 3ème poste. **Justifier** ce choix au regard du niveau de sécurité requis. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.1.3.  Voir [DT 5](#_bookmark6) | La barrière immatérielle doit détecter la présence d’une personne par le passage d’obstacle entre 0,3 mètre et 1,1 mètre. **Calculer** la hauteur de détection. **En déduire** la référence de la barrière immatérielle. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.1.4.  Voir [DT 6](#_bookmark7), [DT 7](#_bookmark8) | Le temps d’arrêt du bras de robot est de 0,6 secondes. En prenant en compte le temps de réponse maximum de la barrière, **calculer** la  distance d’approche minimale perpendiculaire « S » de la barrière immatérielle. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.1.5.  Voir [DT 8](#_bookmark9) | La position d’implantation de la barrière immatérielle est définie sur le DT8. **Vérifier** que cette implantation est compatible avec la distance d’approche perpendiculaire. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.1.6.  Voir : [DT 4](#_bookmark5), [DT 7](#_bookmark8),  [DR 2](#_bookmark13) | **Compléter** le schéma de câblage du relais de sécurité avec la barrière immatérielle. La fonction « test » ne sera pas utilisée. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.1.7.  Voir [DT 2](#_bookmark3) | A partir des documents ressources, **donner** la liste des quatre dangers liés à l’activité de soudage. **Expliquer** si la barrière immatérielle solutionne tous ces dangers. |

Partie 3.2. Mise en place de l’arrêt d’urgence dans la nouvelle cabine

Un arrêt d’urgence doit être implanté à l’intérieur de la cabine au cas où une personne resterait à l’intérieur après le démarrage du robot.

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.2.1.  Voir [DR 3](#_bookmark14) | **Compléter** le schéma de câblage en ajoutant un bouton d’arrêt  d’urgence de type NC sur l’entré I14. Il est nommé Sau2 |

Si un arrêt d’urgence est enclenché, il entraîne une procédure d’arrêt d’urgence (rectangle

« D1 » du GEMMA).

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.2.2.  Voir [DR 4](#_bookmark15) | **Compléter** le nouveau GEMMA avec l’arrêt d’urgence Sau2.  **Compléter** le nouveau grafcet de sécurité. |

Partie 3.3. Mise en place d’une balise de visualisation des états de la cabine de soudage

Une colonne lumineuse doit être mise en place sur le système pour indiquer l’état de la machine en fonction des états du GEMMA.

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.3.1.  Voir [DT 9](#_bookmark10), [DT 10](#_bookmark11),  [DR 5](#_bookmark16) | **Compléter** les cinq actions dans le grafcet de conduite sur le document réponse [DR 5](#_bookmark17). |

Partie 3.4. Vérification de l’état de mise en sécurité de la machine

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.4.1.  Voir [DR 4](#_bookmark15), [DR 5](#_bookmark16) | **Donner** l’étape du grafcet de conduite qui est active lorsque l’opérateur appui sur le bouton poussoir « Sau ». |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 3.4.2.  Voir [DR 5](#_bookmark16) | D’après le grafcet de conduite, **conclure** en indiquant comment est mis en sécurité le système. |

**Partie 4. Comment intégrer la 3ème cabine de soudage dans la programmation du système ?**

L’ajout d’une troisième cabine sur le poste de soudage robotisé doit être intégré dans les grafcet de gestion du positionnement du robot en face des cabines.

Description du fonctionnement : à la fin du chargement d’une cabine de soudage, l’opérateur appuie sur le bouton poussoir «DCY Cabine droite» ou « DCY cabine centrale» ou « DCY cabine gauche». Cette information est stockée comme prochaine destination du robot dans une mémoire du programme. Le programme attend la disponibilité du robot pour lancer l’exécution de son déplacement en face de la cabine stockée en mémoire. Une fois en face de la cabine, le robot réalise le soudage du châssis.

Cette nouvelle programmation nécessite d’ajouter une file d’attente de type FIFO pour connaitre la cabine qui est prête la première. Dans la mémoire W0 est enregistré le nom de la cabine où doit se déplacer le robot à la fin du soudage en cours. La syntaxe pour tester la mémoire est [W0=’cabine droite’] ou [W0=’cabine centre’] ou [W0=’cabine gauche’].

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 4.1.1.  [DR 6](#_bookmark18) | **Compléter** la réceptivité entre X11 et X12 du grafcet « cabine gauche » et la réceptivité entre X21 et X22 du grafcet « cabine droite » avec cette mémoire. |

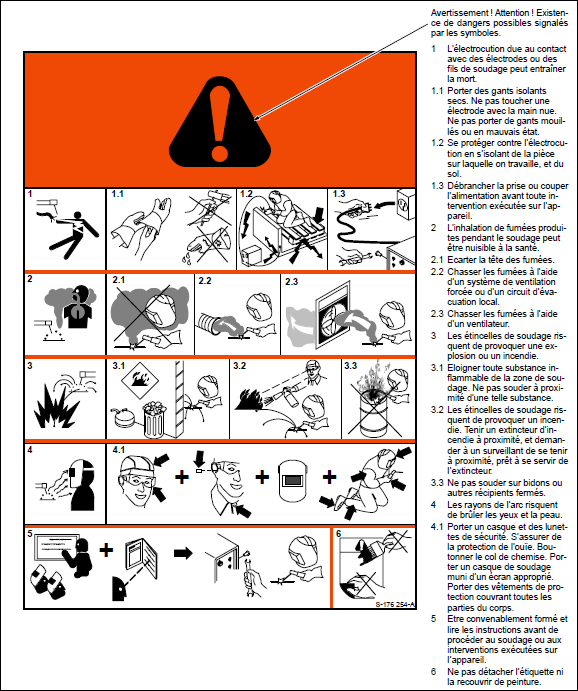
|  |  |
| --- | --- |
| Question: 4.1.2.  [DR 7](#_bookmark19) | **Compléter** le grafcet de la cabine centrale. Ce grafcet doit tenir compte que le robot peut être initialement en face de la cabine gauche ou de la cabine droite. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 4.1.3.  [DR 5](#_bookmark16) | **Compléter** les 2 transitions sur le grafcet du robot de soudage (X0 – X1), (X2-X0) et la transition sur le grafcet de conduite (X104 – X102). |

|  |  |
| --- | --- |
| Question: 4.1.4.  [DR 5](#_bookmark16) | **Compléter** l’ordre de forçage à l’étape X101 du grafcet de conduite. |

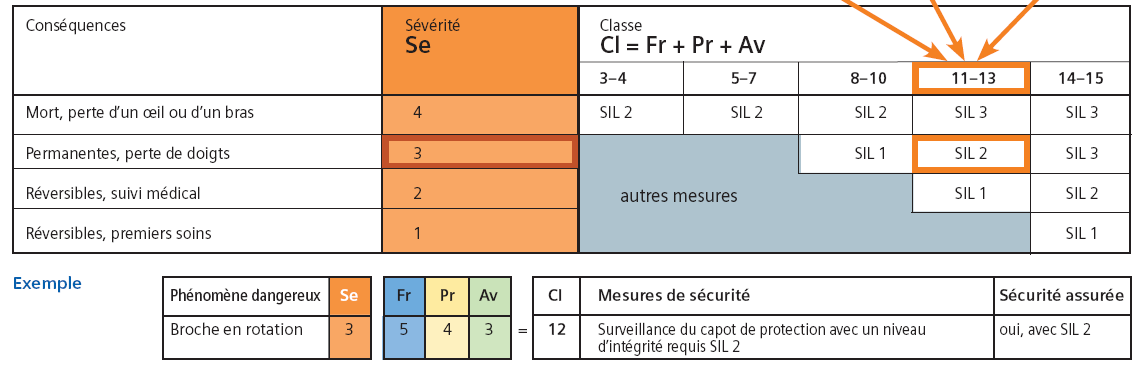
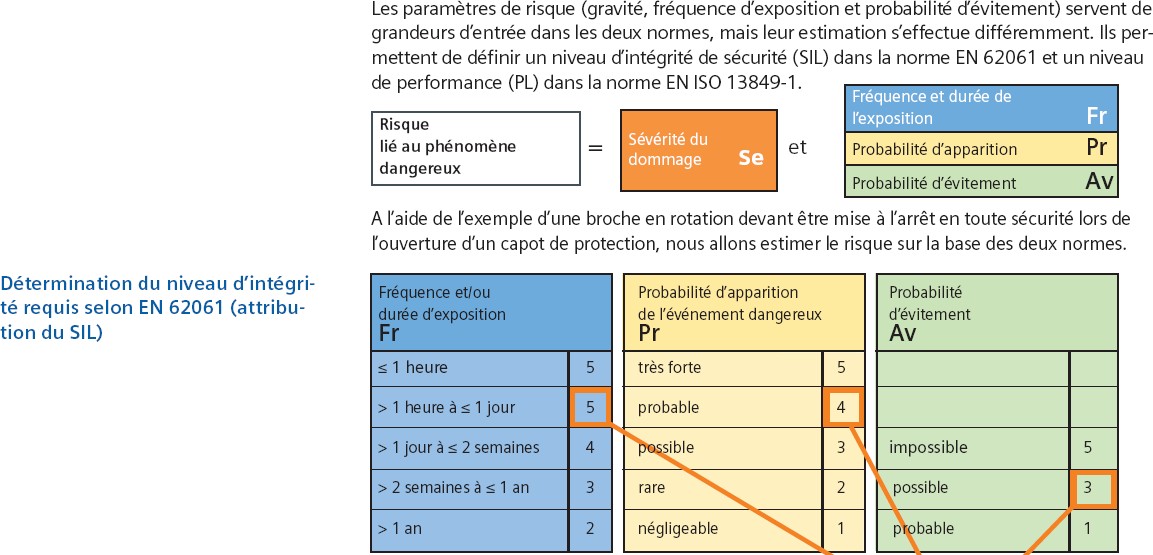
**DT 1. Gamme de production du châssis.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Gamme de production pour un châssis mécanosoudé sur le poste de soudage | | | | |
| Taches | Processus | Ressources | Temps (min) | Phases de production |
| Chargement | Mise en place des barres d’acier | Opérateur | 15 | Phase 10 |
| Sortie de la zone de chargement | 2 |
| Vérifications et départ du cycle | 3 |
| Soudage | Sortie de la position repli du robot | Robot de soudage | 2 | Phase 20 |
| Soudage pièce | 36 |
| Mise en repli du robot | 2 |
| Refroidissement | Refroidissement de la pièce | Attente | 40 | Phase 30 |
| Déchargement | Dépose des systèmes de maintien | Opérateur | 15 | Phase 40 |
| Transfert du châssis sur le chariot | 5 |



**DT 2.** **Sécurité pour le soudage** [**Question: 3.1.7**](#_bookmark1)

**DT 3.** **Norme EN 62061**



L’exemple de détermination de CI présenté sur ce document ne correspond pas nécessairement au cas étudié par le sujet.

Relation entre le SIL et la catégorie

Pour un niveau SIL (Niveau d’intégrité de sécurité), il faut utiliser des matériels dont la catégorie est supérieure ou égale à la valeur indiquée dans le tableau suivant.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SIL 1 | SIL 1 | SIL 2 | SIL 2 | SIL 3 |
| Catégorie B | Catégorie 1 | Catégorie 2 | Catégorie 3 | Catégorie 4 |

**DT 4.** **Relais de sécurité DOLD LG 5925/900** [**Question: 3.1.3**](#_bookmark0)

**Satisfait aux exigences:**

-**- Performance Level (PL) e et Catégorie 4 selon EN ISO 13849-1**

-**- Valeur limite SIL demandée (SIL CL) 3 selon IEC/EN 62061**

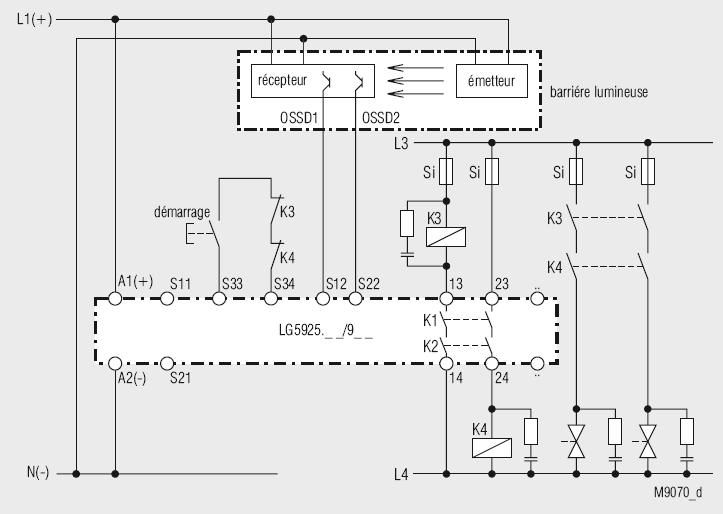
-**- Safety Integrity Level (SIL) 3 selon IEC/EN 61508**

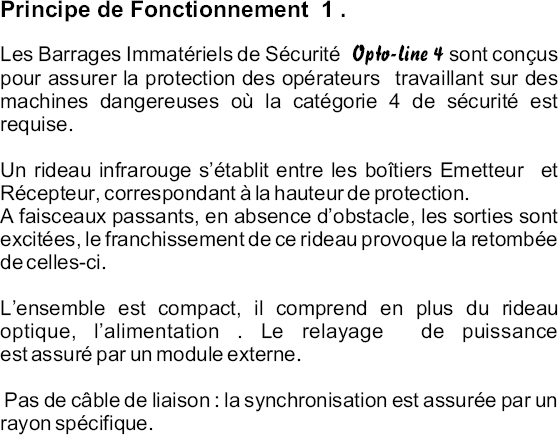
-**- Catégorie de sécurité 4 selon EN 954-1**

* + Pour Barrières avec sorties asymétiques ou symétriques, au choix par commutation S1
  + Sortie: 4 contacts max. (voir garnissage en contacts)
  + Montage à 1 canal ou 2 canaux
  + Détection de court-circuit sur le bouton Marche
  + Activation manuelle par le bouton Marche ou fonction Marche automatique, interr. S2
  + Affichage des états de fonctionnement
  + Diodes de visualisation pour canal 1, canal 2 et réseau
  + Connectique: également 2 x 1,5 mm2 multibrins avec embout et collerette plastique ou 2 x 2,5 mm2 massif DIN 46228-1/-2/-3/-4
  + Également possible avec les blocs de raccordement amovibles pour un échange rapide des appareils

-- avec bornes ressorts

-- ou avec bornes à vis

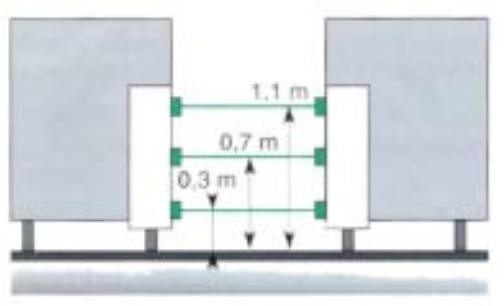
Exemple de câblage du relais de sécurité



:

**DT 5. Barrage Immatériel de Sécurité Opto-line Série CA4 / CP4.**

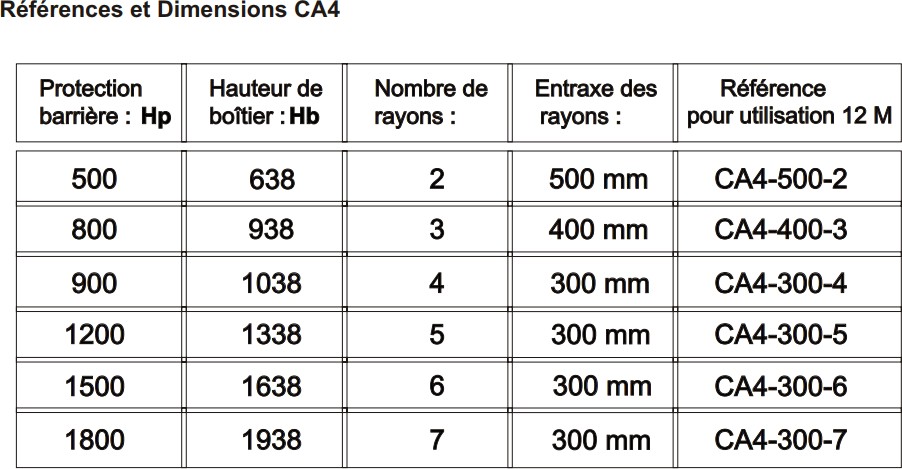
Hauteur de détection



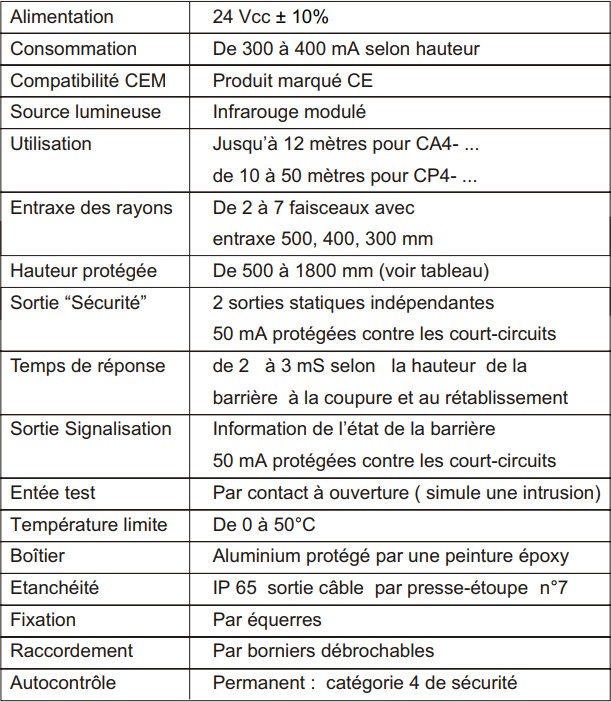
Hauteur de détection : Hp

Hauteur de boîtier : Hb

Hauteur du faisceau le plus bas ≤ 300 mm - Hauteur du faisceau le plus haut ≥ 900 mm

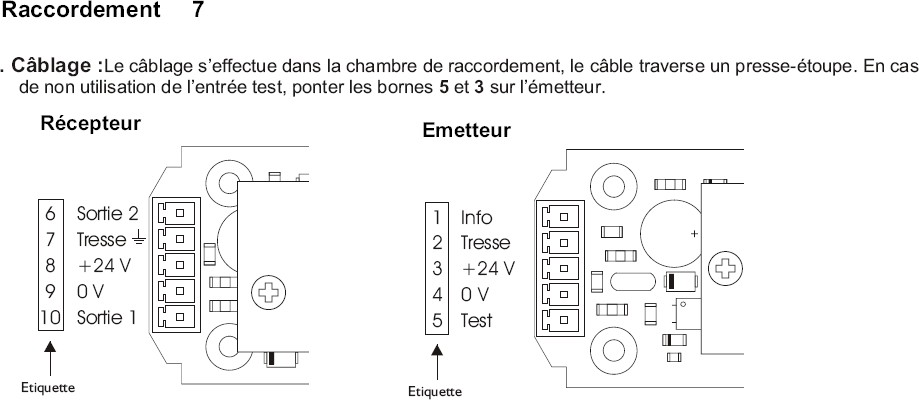
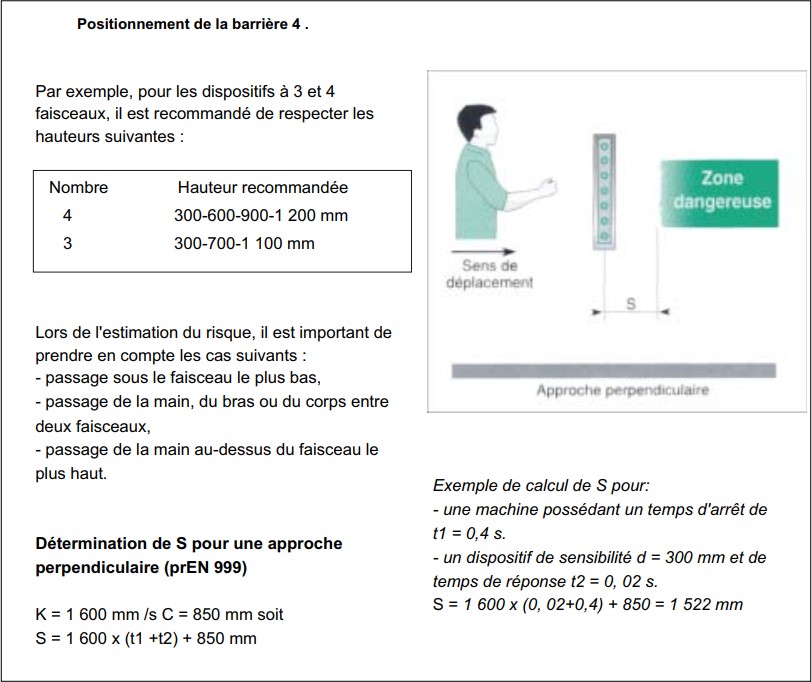


**DT 6. Caractéristiques des barrières Immatérielles Opto-line Série CA4**



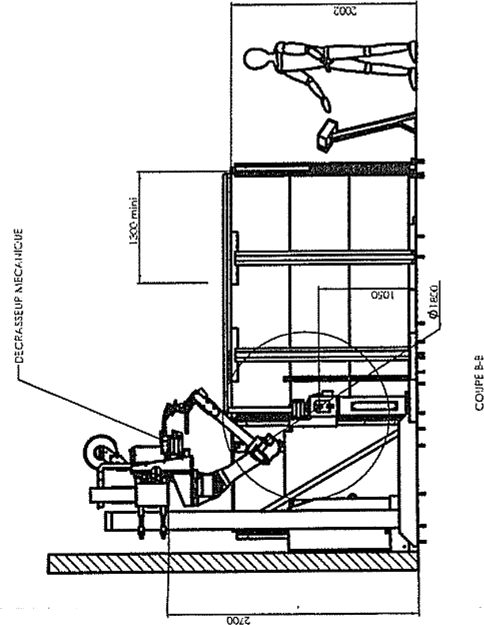
ms

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Repérage des borniers de la barrière immatérielle | | | |
| Emetteur | | Récepteur | |
| 1 | Non connectée | 6 | A connecter au relais de sécurité |
| 2 | A connecter à la protection  équipotentielle PE | 7 | A connecter à la protection  équipotentielle PE |
| 3 | A connecter au 24 volts continu | 8 | A connecter au 24 volts continu |
| 4 | A connecter au 0 volt continu | 9 | A connecter au 0 volt continu |
| 5 | A connecter au 24 volts s’il n’est pas  utilisé. | 10 | A connecter au relais de sécurité |



nc

**DT 7.** **Barrage Immatériel de Sécurité : Positionnement et raccordement.**

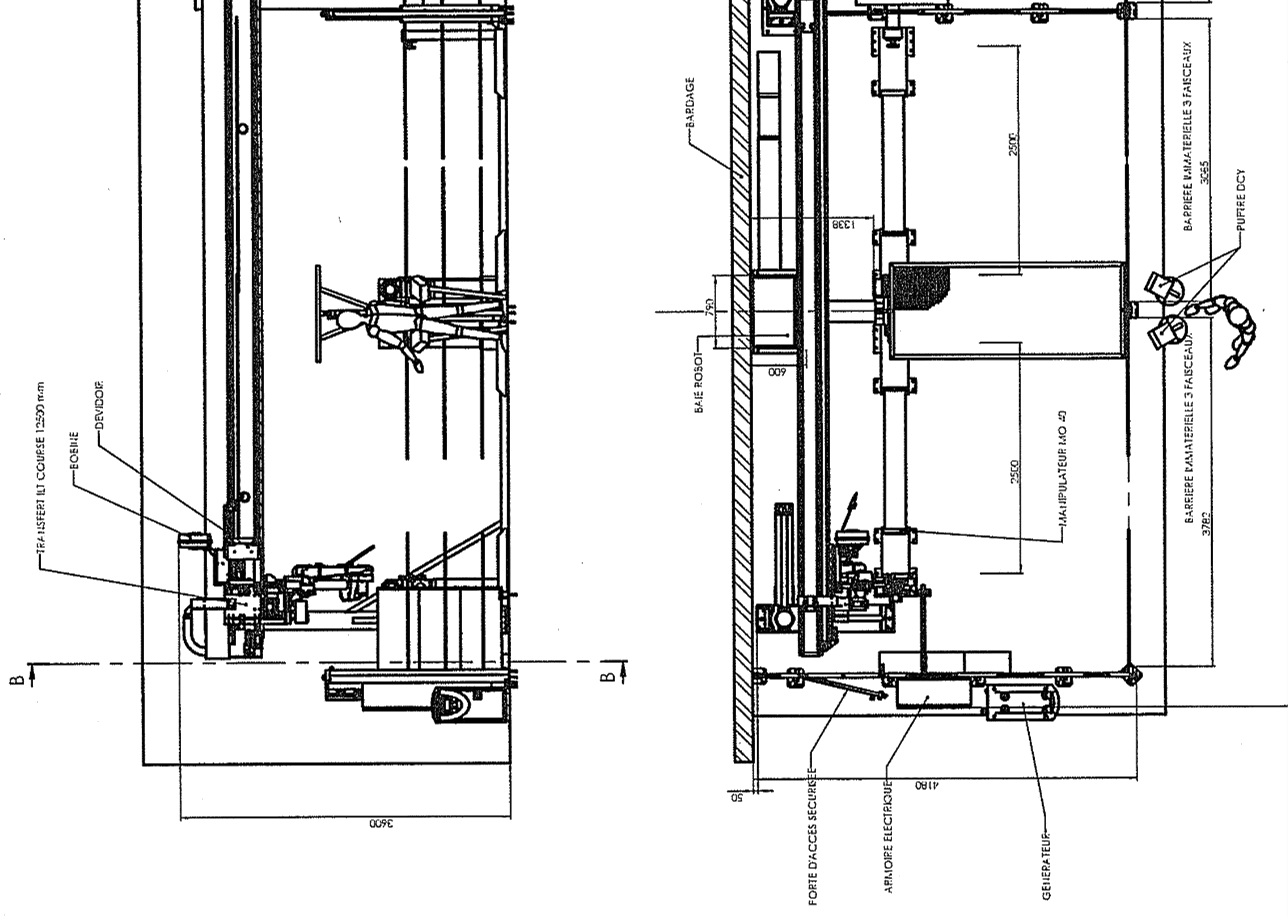


Position d’implantation de la barrière immatérielle

Zone de mouvement du robot : 2300 mm

Profonfeur de la cabine : 4180 mm

**DT 8. Plan du robot de soudage**



**DT 9. Balise de signalisation du fonctionnement.**

HD1 : Rouge HA5 : Orange HF1 : Vert HA6 : bleu HA1 : Blanc

La balise rouge « HD1 » indique un arrêt d’urgence.

La balise Orange « HA5 » indique la désactivation des arrêts d’urgences.

La balise verte « HF1 » indique le fonctionnement en mode normale.

La balise bleue « HA6 » indique la mise en position initiale du système.

La balise blanche « HA1 » indique que le système est en condition initiale.

**DT 10.** **GEMMA**

Référence machine: P.O. = Partie Opérative P.C. = Partie Commande

**A** : PROCEDURE D’ARRET de la partie **F** : PROCEDURE DE FONCTIONNEMENT

Mise P.C en énergie :

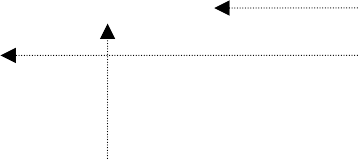
P.C. HORS ENERGI E

Mise P.C hors énergie

Mise P.C en énergie

Remise en route

Init



**A5** < Préparation pour remise en route après défaillance > **'Initialiser les GRAFCET 'Traiter la défaillance manuellement'**

**Allumer la balise HA5**

**A7** < Mise P.O. dans état déterminé >

**A6** < Mise P.O. dans l’état initial > **Déplacement du robot en face de la cabine gauche.**

**Allumer la balise HA6**

Sau

**A1** < Arrêt dans l’état initial > **Système en conditions initiales Allumer la balise HA1**

CI

**A4** < Arrêt obtenu >

**A2** < Arrêt demandé en fin de cycle >

Dcy cabine droite + Dcy cabine gauche

**F2**< Marches de préparation > F3 <

X0.X10.X20

marche s de clôture

>

**F1** < Production normale >

**A3** < Arrêt demandé dans état déterminé >

**'Lancer les GRAFCET <production normale>,**

**Allumer la balise HF1**

Essais et

**F4** < Marches de vérification dans le désordre >

vérifications

**F5** < Marche de vérification dans l’ordre >

**F6** < Marches de test >

PRODUCTION

**D3** <Production tout de même>

**D2** < Diagnostique et/ou traitement de défaillance>

Mise P.C hors énergie

Depuis tous les états.

**D** : PROCEDURE DE DEFAILLANCE de la partie opérative (PO)

/Sau

**F** : PROCEDURE DE FONCTIONNEMENT

**D1** < Arrêt d’urgence >

**‘Dé activation des GRAFCET 'Couper l'alimentation des actionneurs. (Câblage)'**

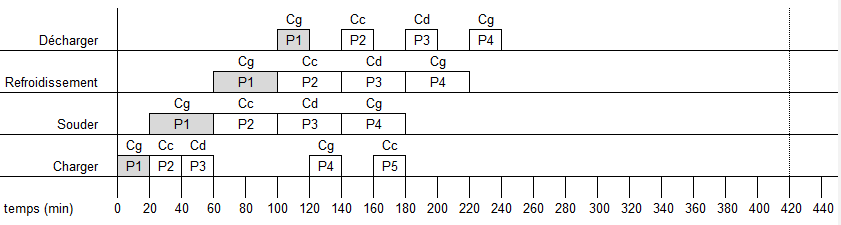
**Allumer la balise HD1**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| BTS assistance technique d’ingénieur | | Session 2021 |
| Sous épreuve E4.1 | Code : ATESG-NC | Page 19 sur 24 |

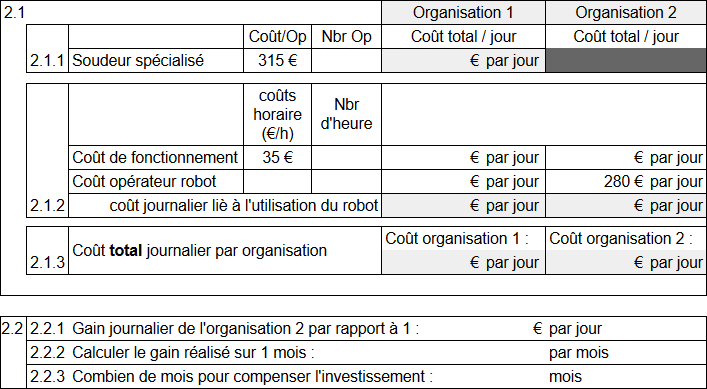
**DR 1. Diagramme de GANTT et Calculs de coûts *(à rendre avec la copie)***

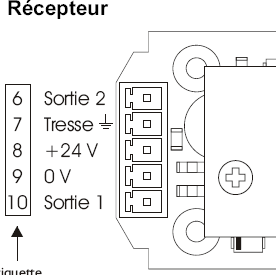
**Planification de la production avec 3 cabines**

**Compléter** le diagramme de GANTT, en mettant la production de la pièce 5, 6 etc.…



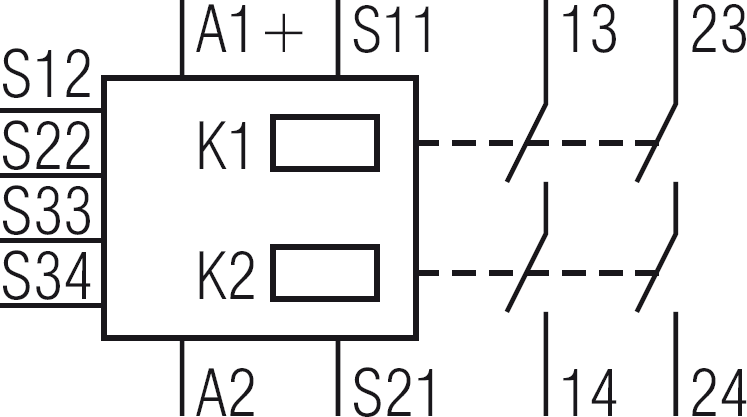
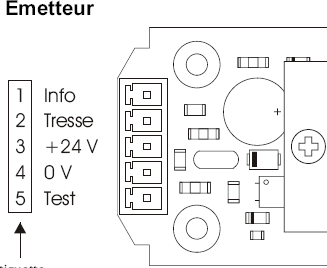
**Étude des coûts entre les 2 organisations.**





**DR 2. Schéma de câblage des barrières immatérielles *(à rendre avec la copie)***

24 Vdc



0 Vdc

PE

K3

K4

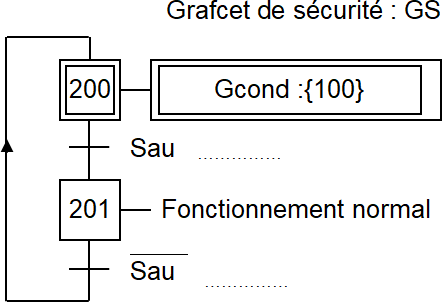
Démarrage

K3

K3

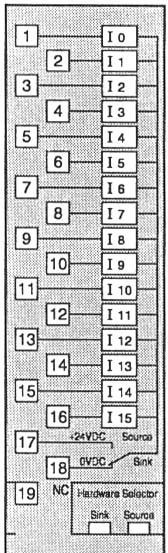
DOLD

LG 5925/900



**DR 3. Schéma de câblage de l’arrêt d’urgence *(à rendre avec la copie)***

L’arrêt d’urgence doit être câblé en **logique positive** sur l’entrée I14.



Numéro de borne

Alimentation 24 Vdc

-

+

24 VDC

**DR 4.** **Extrait du Gemma et du grafcet de sécurité à compléter**

Sau ………..

Depuis tous les états.

Sau………..

**D** : PROCEDURE DE

DEFAILLANCE de la partie opérative (PO)

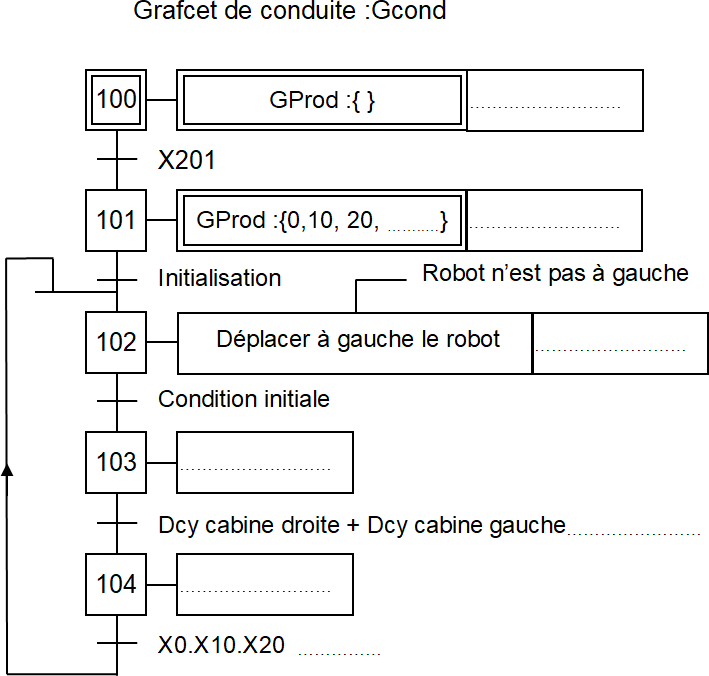
**D1** < Arrêt d’urgence >

**‘Dé activation des GRAFCET 'Couper l'alimentation des actionneurs.**

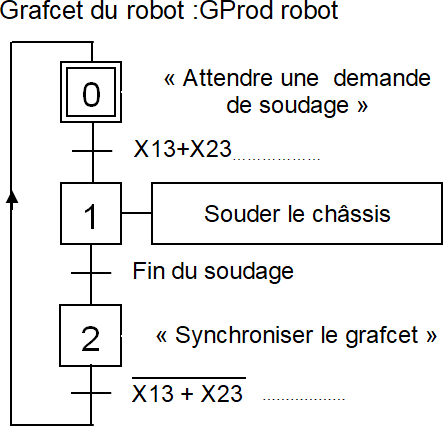
**(Câblage)'**

**Allumer la balise HD1**

**D2** < Diagnostique et/ou traitement de défaillance>

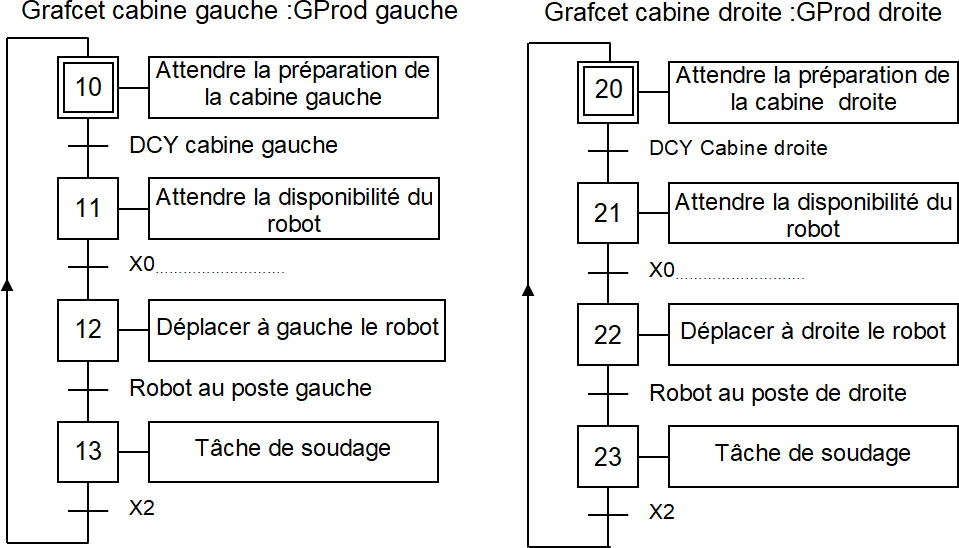


**DR 5.** **Grafcet de conduite et grafcet de la tâche du robot *(à rendre avec la copie)***

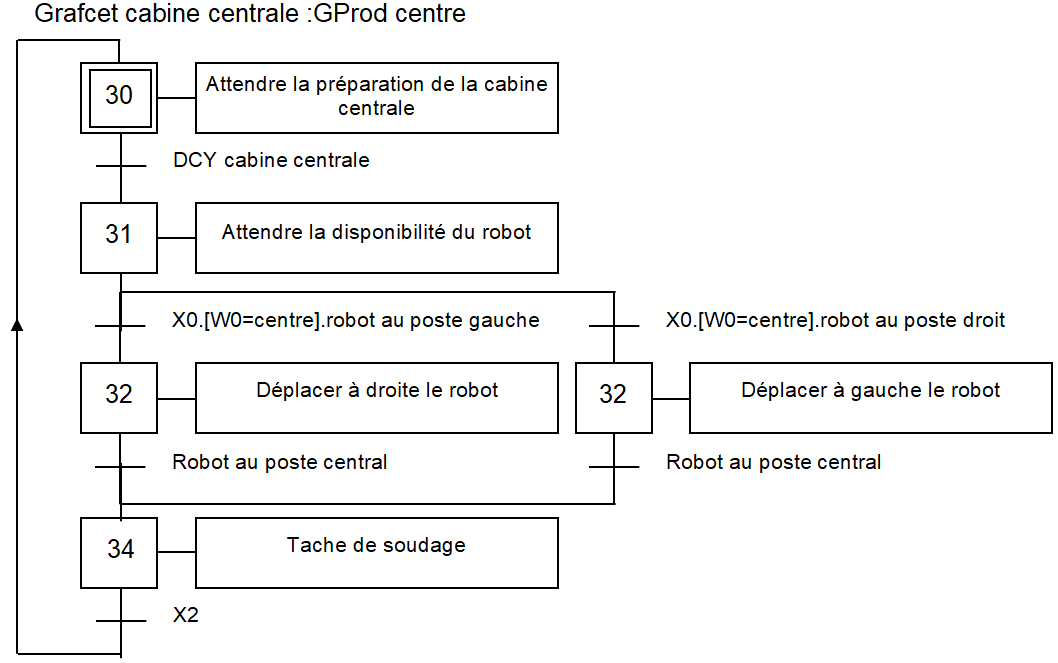
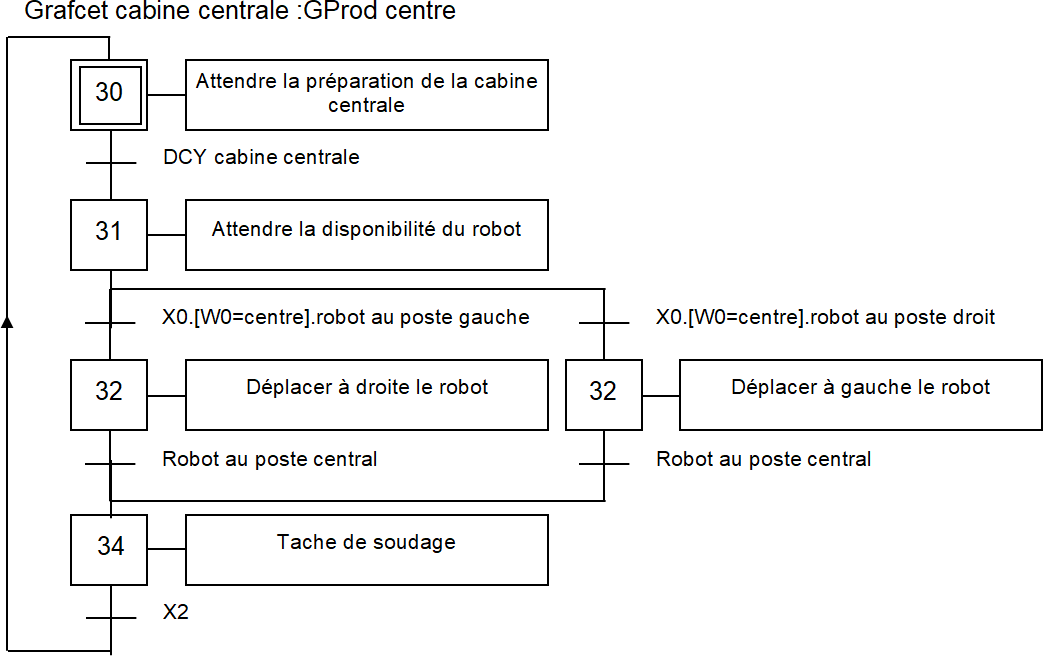


**DR 6.** **Grafcet de déplacement du robot vers les cabines droite et gauche**

***(à rendre avec la copie)***



**DR 7.** **Grafcet de déplacement du robot vers la cabine centrale :**



………