

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR ASSISTANCE TECHNIQUE D'INGÉNIEUR

Épreuve E4 - Sous-épreuve E4.1 Étude des spécifications générales d'un système pluritechnologique

SESSION 2025

Coefficient 3 – Durée 3 heures

Matériel autorisé :

Aucun document autorisé

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

• **Sujet :**

- **présentation du support (10 minutes)** pages 2 à 4 ;
- **partie 1 (45 minutes)** pages 5 à 6 ;
- **partie 2 (40 minutes)** pages 6 à 7 ;
- **partie 3 (45 minutes)** pages 7 à 9 ;
- **partie 4 (40 minutes)** pages 10 à 11.

- **Documents techniques DT1 à DT14** pages 12 à 20.

- **Documents réponses DR1 à DR9**..... pages 21 à 26.

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

Documents à rendre avec la copie :

Les documents réponses page 21 à 26 sont à rendre avec la copie.

BTS assistance technique d'ingénieur		Session 2025
Sous épreuve E4.1	Code : 25ATESG	Page 1 sur 26

Unité de maltage

Présentation du support

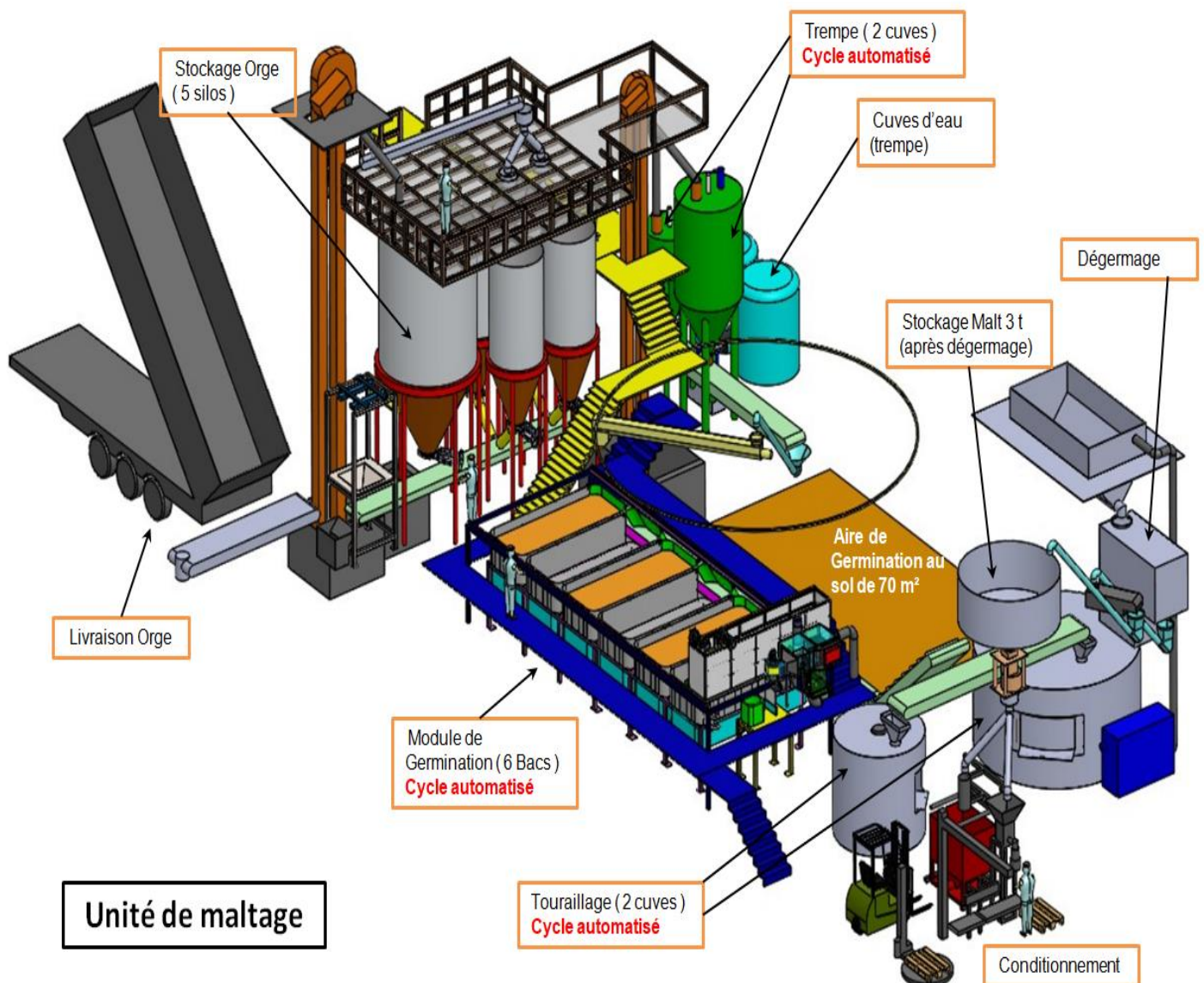
La malterie BDF a été créée en 2021 pour répondre à la demande croissante des petites brasseries qui se sont créées en France depuis environ dix ans. Elle propose des malts locaux, pour certains, issus de l'agriculture biologique et disponibles en petits volumes.

La malterie compte 3 salariés : 1 gérant et 2 opérateurs. Les heures ouvrées sont 6 h - 22 h du lundi au vendredi divisées en deux postes de travail :

Poste du matin : 6 h - 14 h et poste de l'après-midi : 14 h - 22 h

L'unité fonctionne le week-end sans présence humaine : le gérant reçoit des alarmes sur son téléphone en cas de problème. La malterie est fermée 5 semaines dans l'année.

L'outil de production permet de réaliser 300 tonnes de malt par an.



Unité de maltage

Le maltage :

Le maltage consiste à transformer de l'orge en malt. L'orge est germée puis séchée rapidement pour préparer l'amidon contenu dans le grain. Cet amidon est alors transformé lors de la fabrication de la bière.

Les quatre étapes du maltage :

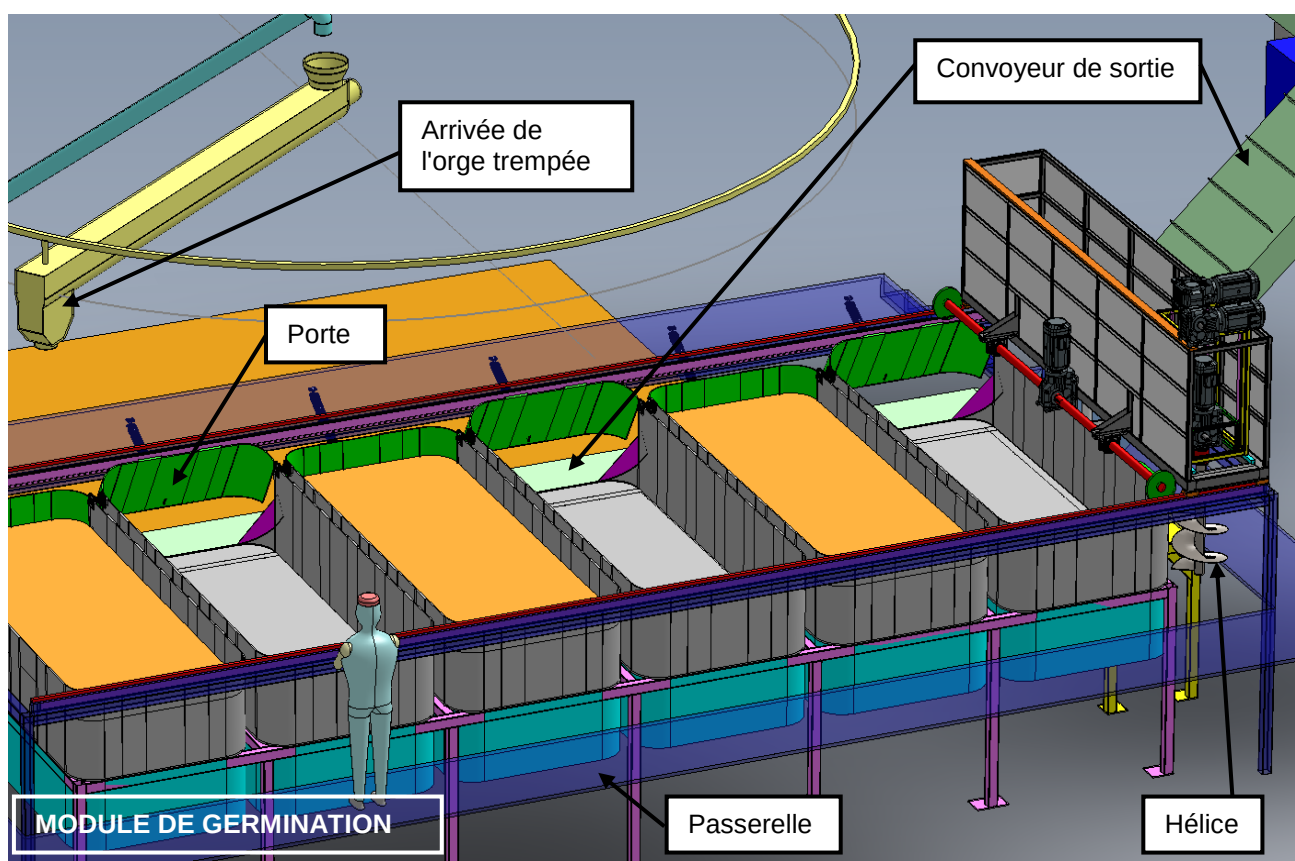
1) La trempe, d'une durée de 36 heures, consiste à humidifier le grain ; cette étape est constituée de périodes sous eau, alternant avec des périodes sous air afin de permettre au grain de respirer ; l'humidité passe ainsi de 12-14 % à 42-45 %. L'opérateur a la possibilité de programmer la date et l'heure de fin de trempe. Le cycle de trempe démarre automatiquement 36 heures avant.

2) La germination, d'une durée de 96 heures, est la période durant laquelle l'orge commence à germer. Des radicelles apparaissent. Cette étape donne naissance au « malt vert ».



L'unité dispose de deux modes de germination : une germination en bac et une germination au sol.

La germination en bac : l'opérateur programme le cycle de germination et ajuste les consignes grâce à l'interface tactile IHM – un robot mélangeur (hélice) se déplace de bac en bac pour retourner le grain et ajuste l'hygrométrie (sprinklers). Chaque bac est équipé d'une porte à ouverture frontale facilitant le déchargement du grain germé vers un convoyeur de sortie.



La germination au sol est un procédé manuel ancien : l'opérateur doit retourner le grain toutes les 8 heures pendant 20 min à la motobineuse. Le malteur a souhaité conserver ce procédé. En effet, en indiquant la mention « malté au sol » sur l'étiquette, le brasseur peut vendre sa bière plus chère. Cela apporte un caractère authentique au produit.

3) Le touraillage, qui dure 24 heures, consiste à sécher le « malt vert » (son humidité passe de 45 % à 4 %) en le ventilant avec de l'air chaud dont la température est augmentée progressivement, de 50 °C à 60 °C au démarrage jusqu'à 85 °C pour les malts standard (Pilsen) et même jusqu'à 110 °C pour les malts Munich. Cette température est alors maintenue pendant trois à quatre heures, cette étape est appelée : coup de feu. C'est à ce moment qu'apparaissent les arômes du malt ; c'est la température atteinte en fin de touraillage qui détermine la couleur du malt.

4) Le dégermage, qui consiste à débarrasser le malt de ses radicules.

À l'issue de cette étape le malt est un élément inerte qui peut être conservé pendant près d'un an. Il est conditionné en sacs de 80 kg.

Diversité de malt :



Le malt donne à la bière toute une palette de couleurs : blanche, blonde, ambrée, brune, noire.

Partie 1 : l'outil de fabrication est-il adapté à une production de 300 tonnes de malt par an ?

Question 1.1 | **Déterminer** le nombre de combinaisons possibles de malt. Sachant que l'unité comporte 5 silos contenant des orges différentes, que l'unité propose 2 modes de germination possible (en bac ou au sol) et 3 températures de touraillage possibles.

DT1

La masse volumique de l'orge trempée étant de : $0,65 \text{ kg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Question 1.2 | **Calculer** le temps de convoyage (en h et en min) d'un lot de 1 t de grain de la cuve de trempage à la zone de germination. **Calculer** le temps de convoyage (en h et en min) d'un lot de 3 t.

DT1

(Pour information : $1 \text{ litre} = 1 \text{ dm}^3$)

Le rendement global du processus étant de 80 % (1 t d'orge permet d'obtenir 800 kg de malt), la capacité de la machine d'ensachage étant de $3 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$, les sacs ayant une contenance de 80 kg.

Question 1.3 | **Calculer** le temps d'ensachage (en h et en min) d'un lot initial de 3 t d'orge. En **déduire** le nombre de sacs de malt obtenus.

DT1

Le malteur dispose d'un espace de 70 m^2 pour l'aire de germination au sol.

Question 1.4 | **Vérifier** s'il est possible d'étaler dans la surface impartie un lot de $1,5 \text{ m}^3$ de grain (la hauteur du grain préconisée doit être de 2,5 cm).

DT1

Question 1.5 | **Calculer** les capacités en $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ des différents postes de travail. **Compléter** le DR1.

DT1
DR1

Question 1.6 | **Définir** le poste de travail qui constitue le goulet d'étranglement. **Justifier** la réponse.

Question 1.7 | **Identifier** les lots conditionnés en semaine 1 par leur numéro et leur contenance (voir légende sur le DT4). En tenant compte du rendement global de 80%, **calculer** la quantité de malt produite en semaine 1.

DT4

- Question 1.8 | **Compléter** le planning des deux opérateurs pour la journée de lundi de la semaine 1 sur le DR2 en utilisant la liste des tâches opérateurs.
- DT3 DT4
DR2
- Question 1.9 | En considérant la semaine 1 comme une semaine de production standard, **conclure** quant à la capacité de l'outil de produire 300 t de malt par an avec 3 salariés (5 semaines de congés).

Partie 2 : le procédé de trempe répond-il à la performance demandée d'obtenir un grain ayant un taux d'hygrométrie compris entre 42 % et 45 % ?

Lorsque le gérant reçoit une nouvelle variété d'orge, il doit estimer le temps de cycle de trempe de cette variété.

À la fin de la trempe, le taux d'hygrométrie du grain doit être compris entre 42 % et 45 %.

Les premiers essais ne sont pas satisfaisants.

Il modifie les réglages, il augmente le temps global à 36 heures, augmente les temps sous eau et diminue les temps sous air. Il parvient finalement à obtenir un taux d'hygrométrie satisfaisant et décide pour les 50 prochaines trempes de garder ce réglage.

Les taux d'hygrométrie des 50 trempes sont relevés à l'aide d'une balance dessiccatrice :



La balance dessiccatrice permet de déterminer la teneur en eau (% d'humidité) de quasiment toutes les substances. L'appareil indique le pourcentage d'humidité, le pourcentage de solide, la masse et/ou le pourcentage de degré hygrométrique.

L'appareil a une résolution de 0,05 %.

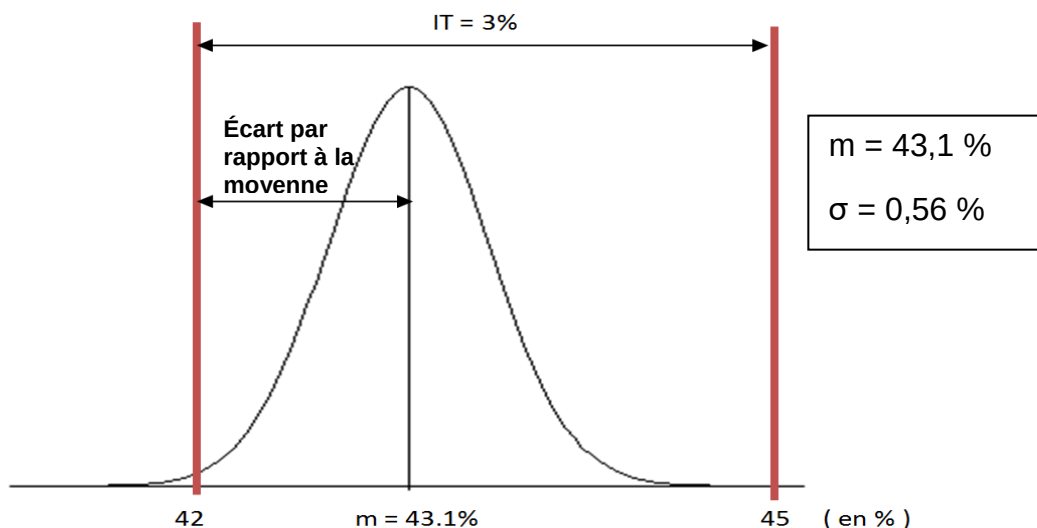
- Question 2.1 | **Compléter** le tableau de répartition par classe et l'histogramme des fréquences. **Indiquer** l'étendue E et le nombre de classes. **Interpréter** l'allure de l'histogramme.
- DR3

Question 2.2

DR4

Compléter le tracé de la droite de Henry. **Analyser** la répartition. **Déterminer** graphiquement la moyenne et l'écart type.

La courbe ci-dessous représente la répartition des 50 échantillons prélevés en fonction du taux d'hygrométrie. La moyenne des échantillons est de 43,1 %, l'écart type est de 0,56 %.



Question 2.3

DT5

À l'aide du DT5, **estimer** la probabilité d'obtenir un taux d'hygrométrie inférieur à 42 %.

Question 2.4

Une probabilité, de moins de 5 %, d'obtenir un grain ayant un taux d'hygrométrie inférieur à 42 % étant acceptable, **conclure** quant au fonctionnement du procédé de trempe. **Proposer** un outil permettant de mesurer la capabilité et le centrage du procédé.

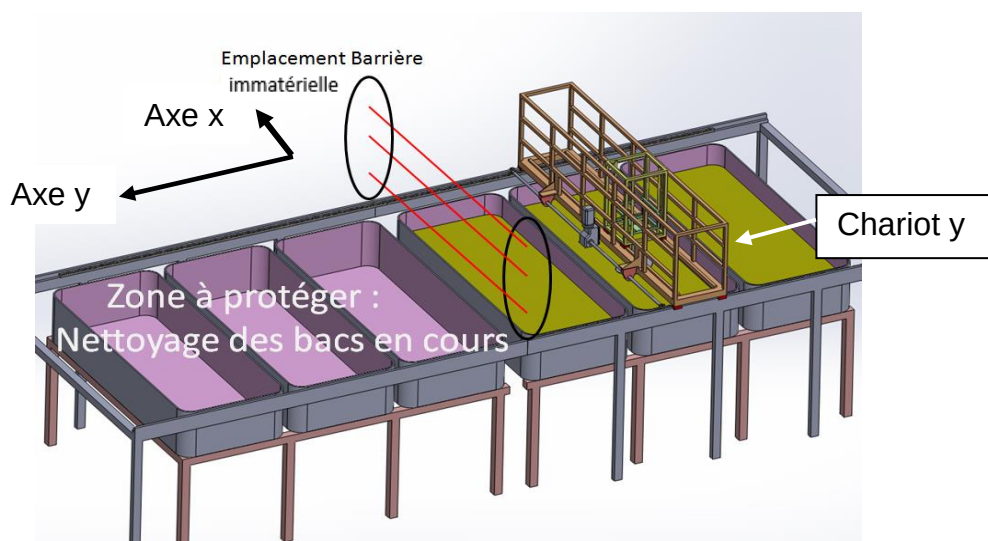
Partie 3 : comment sécuriser l'accès au bac de germination pour l'opérateur ?

Partie 3.1 : analyse des risques existants lors du déplacement du chariot suivant $\vec{Y}$.

Lors de l'opération de germination, l'opérateur est parfois amené à évoluer en permanence à proximité, voire à pénétrer dans les bacs de germination alors que le système poursuit son malaxage. Pour éviter que le chariot ne percute l'opérateur, il a été décidé d'installer une barrière immatérielle sur l'axe de translation y.

La conception de cette fonction de sécurité nécessite la mise en œuvre d'une procédure de choix de composants et le contrôle de l'arrêt de la machine.

La capacité d'un système de commande à réaliser une fonction de sécurité est définie par la norme NF EN 62061 (voir document technique DT7).



Question 3.1.1 | **Identifier** les 3 risques majeurs dans les phénomènes mécaniques encourus par l'opérateur lors d'une intervention à proximité ou dans les bacs.

DT6

L'opérateur peut être amené une fois par jour à réaliser un nettoyage autour ou dans les bacs, alors que le robot continue son travail de mélange du malt. Cette opération peut durer 10 à 20 minutes. L'apparition d'un événement dangereux voire mortel est probable. L'évitement de la part de l'opérateur reste possible.

Question 3.1.2 | **Déterminer** de façon détaillée le niveau de sûreté de fonctionnement **SIL** du dispositif de détection de présence d'un corps étranger aux abords de l'axe de translation et de la commande d'arrêt qui en découle.

DT7

Partie 3.2 : vérification des moyens de protection mis en œuvre.

L'entreprise possède dans ses locaux, une barrière immatérielle de référence XUSL4E30H091N. La hauteur de protection doit être au moins égale à 0,8 mètre. La portée sera de 5 mètres. La barrière devra avoir un niveau de sûreté SIL3.

Question 3.2.1 | **Vérifier** la conformité de la barrière immatérielle pour protéger l'opérateur pendant les actions d'entretien.

DT9

La barrière commande à l'ouverture deux contacteurs LC1D09 pour l'alimentation du chariot de translation équipé d'un moteur frein.

Question 3.2.2 | **Déterminer** les temps de réponse de la barrière immatérielle et des contacteurs LC1D09.

DT8, DT9

Le système en translation suivant $\vec{Y}$ est équipé d'un moteur frein dont l'ensemble a un temps de réponse inférieur à 30 ms.

Question 3.2.3 | **Déterminer** la distance de détection de la barrière afin que l'opérateur soit protégé pendant la phase d'entretien.

DT10

Partie 3.3 : modification des schémas de la chaîne de sécurité.

Question 3.3.1 | **Compléter** le schéma de la barrière immatérielle pour répondre à la demande suivante :

DT11
DR5

- démarrage manuel par bouton poussoir, BPB barrière, avec boucle de contrôle des contacteurs et sélecteur MSB mise en service barrière ;
- configuration de l'émetteur de la barrière pour une grande portée ;
- câblage des sorties barrière sur les bobines des contacteurs d'alimentation du moteur translation KMT1 et KMT2 ;
- envoi de l'état de la barrière sur une entrée de l'automate %I0.9 en utilisant les contacts normalement ouverts des contacteurs.

Partie 3.4 : modification des grafjets de la chaîne de sécurité.

Lors d'un déclenchement de la barrière par le passage de l'opérateur, celui-ci ne coupe que le moteur de translation suivant $\vec{Y}$. L'axe pourra redémarrer après validation par appui sur BPB. La barrière peut ne pas être activée, mais l'axe $\vec{Y}$ devra fonctionner normalement. Pour cela, un sélecteur trois positions à clé MSB est utilisé pour mettre en ou hors service la barrière.

- position gauche %I0.10 : barrière en service ;
- position droite %I0.11 : barrière hors service ;
- position centrale : pas de mode sélectionné.

Question 3.4.1 | **Compléter** le grafjet de sécurité barrière GSB du point de vue automate en prenant en compte la synchronisation entre le grafjet GS et le GSB barrière point de vue système.

DT14
DR6

Partie 3.5 : conclusion.

Question 3.5.1 | **Conclure** sur la protection apportée pendant la phase de nettoyage.

Partie 4 : comment faire varier la vitesse du chariot $\vec{Y}$ et son cycle de fonctionnement ?

Pour avoir un mélange homogène du grain, l'hélice doit suivre une trajectoire définie nécessitant des déplacements suivant les axes $\vec{X}$ et $\vec{Y}$. Le variateur du chariot de référence ATV312HU15N4 sera commandé par un automate de référence TM221CE40R. Celui-ci pourra fonctionner dans les deux sens, en petite vitesse pour une fréquence de 16 Hz et en grande vitesse pour une fréquence de 50 Hz. Il sera possible d'avoir une vitesse de dégagement de 5 Hz en mode manuel.

Partie 4.1 : réaliser le câblage de la commande variateur de l'axe $\vec{Y}$

Question 4.1.1 | **Compléter** le schéma en zone 1 pour obtenir une commande de marche suivant le tableau ci-dessous.

DT12, DT13
DR7

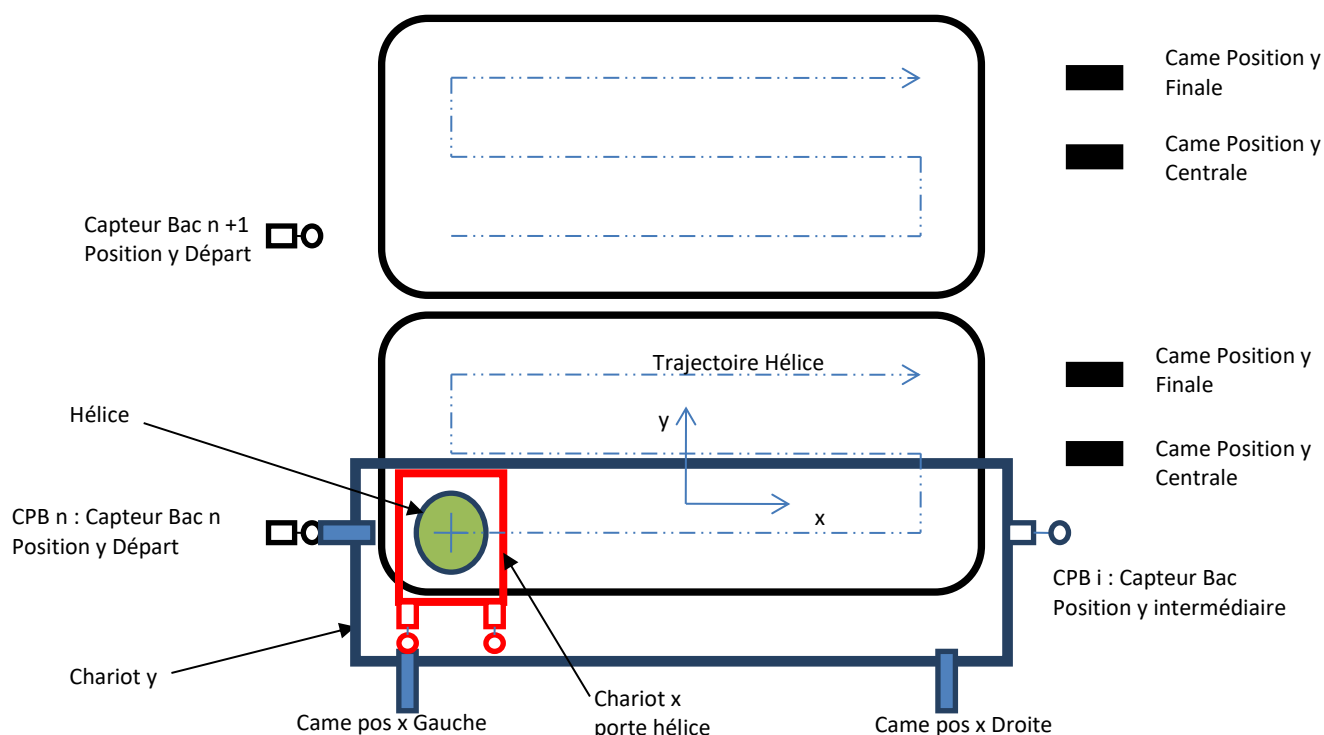
Fonction	Entrée automate
Marche sens avant y +	%Q0.0
Marche sens arrière y -	%Q0.1
LI3 configuration vitesse	%Q0.2
LI4 configuration vitesse	%Q0.3

Question 4.1.2 | **Indiquer** les niveaux logique LI3 et LI4 pour la vitesse de dégagement, la petite vitesse et la grande vitesse. **Donner** les valeurs logiques des sorties de l'automate permettant d'obtenir les trois vitesses de fonctionnement.

DT13

Partie 4.2 : modifier le grafcet de tâche de translation

Le système est actuellement commandé en deux sens de rotation par l'automate. Pour répondre au nouveau cahier des charges, il faut modifier les grafcets de translation.



- Chaque bac est équipé d'un capteur mécanique (pour acquérir la position y de départ) et de 2 cames (came Pos y Centrale et came Pos y Finale).
- Le chariot y est équipé d'un capteur mécanique (pour acquérir la Pos y centrale et la Pos y Finale dans le bac de travail), d'une came (pour déclencher l'acquisition de la Pos y départ du bac de travail).
- Le chariot x est équipé de 2 capteurs mécaniques qui viennent en contact sur les cames Pos x Gauche et Pos x Droite.

Description du cycle :

- le bac vient se positionner en position CPBn en grande vitesse Grafcet GTDGV ;
- le cycle de malaxage peut alors débuter Grafcet Tâche Malaxage GTM ;
- déplacement suivant l'axe $\vec{X}$;
- en fin de déplacement une translation en petite vitesse suivant $\vec{Y}$ détection par capteur CPBi, entrée automate %I0.0 sur la came centrale provoque la fin de déplacement ;
- déplacement suivant l'axe $\vec{X}$ sens inverse, en fin de déplacement une nouvelle translation en petite vitesse suivant $\vec{Y}$, une détection par capteur CPBi sur la came finale provoque la fin de déplacement.

Question 4.2.1 | **Compléter** le grafcet de déplacement en grande vitesse GTDGV du point de vue automate prenant en compte le sens et la vitesse de déplacement pour les actions associées aux étapes 41 et 43.

DT14
DR8

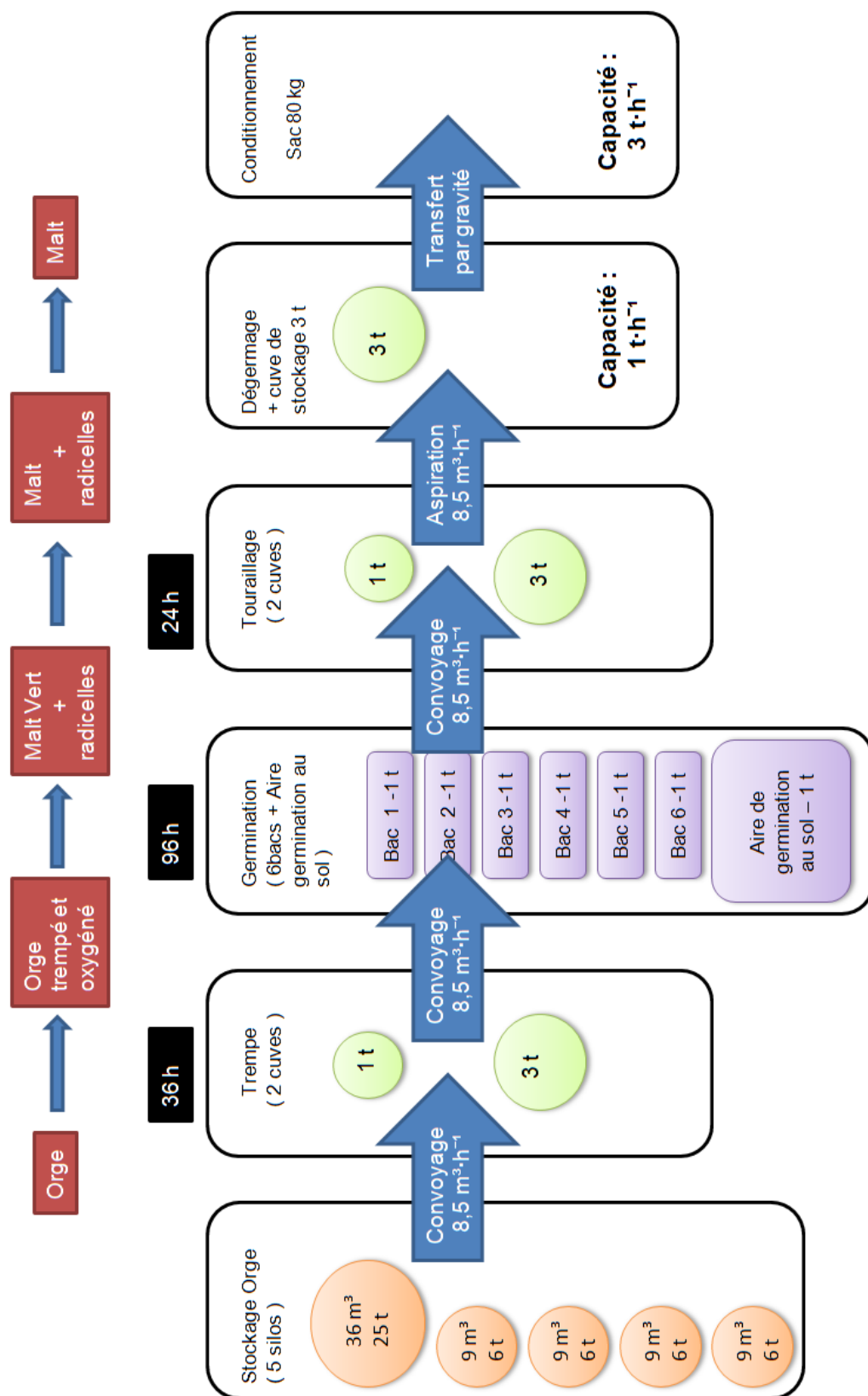
Le déplacement en $\vec{Y}$ pour le malaxage se fait toujours en avant en petite vitesse.

Question 4.2.2 | **Compléter** le grafcet de tâche malaxage GTM du point de vue automate permettant le travail en petite vitesse dans un bac.

DT14
DR9

Partie 4.3 : conclusion.

Question 4.3.1 | **Conclure** sur l'intérêt de réaliser une commande en deux vitesses, de l'axe de translation suivant $\vec{Y}$.



DT2 : (pour information) contraintes de planification des lots de malt

Les contraintes :

- pas de présence humaine le week-end ;
- l'opérateur a la possibilité de programmer la date et l'heure de fin de trempe, par exemple pour une fin de trempe prévue le lundi à 8 h, la trempe démarre automatiquement le samedi à 20 h. La durée est de 36 h. Cependant, il ne faut pas oublier de la programmer le vendredi soir et de remplir la cuve d'orge.
- La germination au sol ne peut pas se dérouler le week-end car elle nécessite la présence humaine : 3 retournements quotidiens (20 min toutes les 8 h à la motobineuse) ;
- durée de transfert entre le silo et la cuve de trempe = 1 h ;
- durée de transfert entre la trempe et la germination = 1 h ;
- durée de transfert entre la germination et le touraillage = 1 h ;
- durée de transfert entre le touraillage et le dégermage : pas de contrainte de temps, le malt peut rester plusieurs jours dans la cuve de touraillage une fois le touraillage terminé (le grain est inerte) ;
- durée de transfert entre le dégermage et le conditionnement : transfert immédiat possible (le grain est transféré par gravité).

DT3 : liste des tâches opérateur

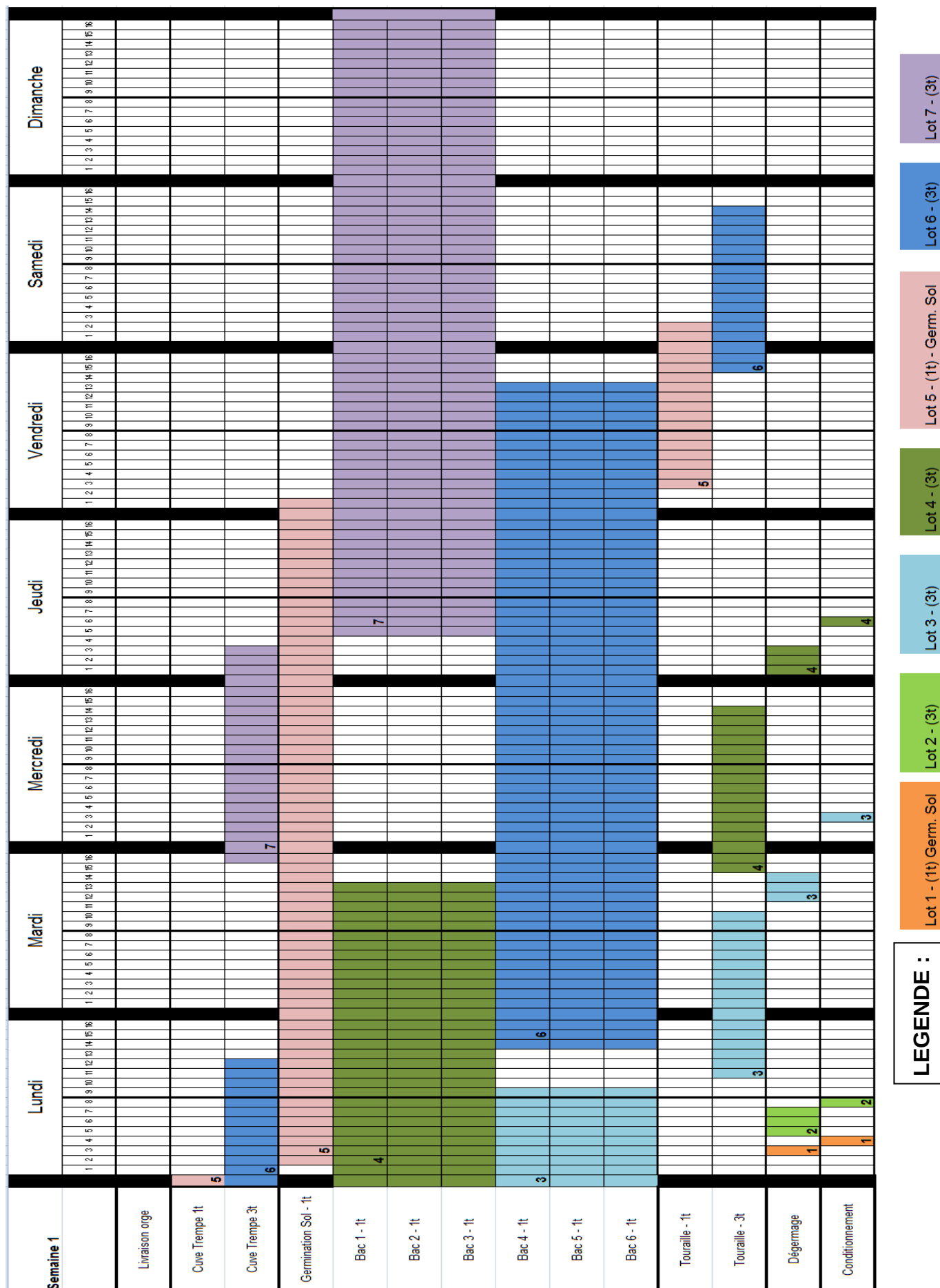
Réceptionner livraison orge
Sélectionner silo de destination
Convoyer orge vers silo

Convoyer Lot n vers Trempe (1 t ou 3 t)
Programmer Trempe (1 t ou 3 t) - Lot n (jour et heure de fin)
Vider Cuve de Trempe (1 t ou 3 t) - Lot n
Nettoyer Cuve de Trempe (1 t ou 3 t)
Convoyer Lot n vers Germination Sol
Convoyer Lot n vers Germination Bacs (N°Bac)
Démarrer Module de Germination Bacs (N°Bac) - Lot n
Retourner Lot n manuellement : 3 retournements par jour (motobineuse)

Décharger Bacs (N°Bac) - Lot n
Nettoyer Bacs (N°Bac)

Convoyer Lot n vers Touraillage (1 t ou 3 t)
Lancer Touraillage (1 t ou 3 t) - Lot n
Vider Touraillage (1 t ou 3 t) - Lot n
Convoyer Lot n vers Dégermage
Lancer Dégermage Lot n
Conditionner en sacs - Lot n

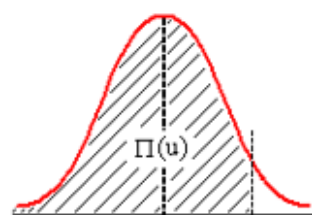
DT4 : diagramme de Gantt (Semaine 1)



DT5 : table de Loi Normale

$$\mu = \frac{\text{écart par rapport à la moyenne}}{\sigma}$$

Table de Loi Normale
 $P(x < u)$



	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8254	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Exemple : pour $\mu = 0,84$, $P(x < \mu) = 0,7995$ soit 79,95% et $P(x < -\mu) = 1 - 0,7995 = 0,2005$ soit 20,05 %

DT6 : extrait de l'annexe A de la norme EN 14121-1

1	Phénomènes dangereux mécaniques
	Renversement
	Ejection
	Ecrasement
	Cisaillement
	Coupure ou sectionnement
	Happement ou enroulement
	Entraînement ou emprisonnement
	Choc
	Perforation ou piquûre
	Glissade, trébuchement et chute
	Etouffement
	Frottement ou abrasion
	Injection

DT7 : détermination du SIL requis (SILr) selon la norme IEC 62061

Détermination d'un niveau de sûreté de fonctionnement

Fréquence et/ou durée d'exposition : Fr		Probabilité d'apparition de l'évènement dangereux : Pr		Possibilité d'évitement : Av	
≤ 1 heure	5	Très forte	5		
> 1 heure à ≤ 1 jour	5	Probable	4		
> 1 jour à ≤ 2 semaines	4	Possible	3	Impossible	5
> 2 semaines à ≤ 1 an	3	Rare	2	Possible	3
> 1 an	2	Négligeable	1	Probable	1

Conséquences	Sévérité : Se	Classe Cl = Fr + Pr + Av				
		3 - 4	5 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 15
Décès, perte d'un œil ou d'un bras	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Permanentes, perte de doigts	3			SIL 1	SIL 2	SIL 3
Réversibles, suivi médical	2				SIL 1	SIL 2
Réversibles, premiers soins	1					SIL 1

Procédure de détermination du SIL requis 1 : Détermination du dommage : Se 2 : Détermination de Fr, Pr et Av 3 : Cl = Fr + Pr + Av 4 : Sil requis	Exemple : 1 : Se = 3 2 : Fr = 5, Pr = 4, Av = 3 3 : Cl = 12 4 : SIL 2
--	--

DT8 : contacteur LC1D



Puissance D'Appel En W	5,4 W (à 20 °C)
Consommation Moyenne Au Maintien En W	5,4 W à 20 °C
Temps De Fonctionnement	63 ±15 % ms fermeture 20 ±20 % ms ouverture

DT9 : choix de barrières immatérielles

Définitions de type 2 et type 4

Il existe des différences significatives entre les barrières XUSL2 (de type 2) et XUSL4 (de type 4), qui méritent d'être précisées. Les types 2 et 4 sont définis par la norme CEI 61496-1.

Il est de la responsabilité de l'utilisateur ou de l'intégrateur de vérifier si l'utilisation d'une barrière immatérielle de sécurité type 2 ou type 4 est conforme avec le niveau de risque attendu pour la machine.
Afin de choisir le produit adapté, il convient de réaliser une analyse de risques de l'application.

Couples émetteurs-récepteurs pour détection de la main (1) (2)

Résolution 30 mm. Portée de 0...4 ou 0...12 m, sélectionnable par câblage

- 2 sorties de sécurité PNP.
- Plage de température de fonctionnement : - 30°C...+ 55°C.
- TM (Mission Time / Durée de vie) : 20 ans.

Hauteur protégée	Hauteur totale	Nombre de faisceaux	Temps de réponse (t1)	PFH ₀ IEC 61508	Référence	Masse
mm	mm		ms			kg
160	213	8	4	$7,08 \times 10^{-9}$	XUSL4E30H016N	0,400
260	313	13	5	$8,06 \times 10^{-9}$	XUSL4E30H026N	0,600
310	363	16	5,5	$8,20 \times 10^{-9}$	XUSL4E30H031N	0,700
460	513	23	7,5	$9,47 \times 10^{-9}$	XUSL4E30H046N	1,000
610	663	31	9	$1,06 \times 10^{-8}$	XUSL4E30H061N	1,200
760	813	38	10,5	$1,19 \times 10^{-8}$	XUSL4E30H076N	1,500
910	963	46	12,5	$1,30 \times 10^{-8}$	XUSL4E30H091N	1,700
1060	1113	53	14	$1,43 \times 10^{-8}$	XUSL4E30H106N	2,000
1210	1263	61	15,5	$1,54 \times 10^{-8}$	XUSL4E30H121N	2,300
1360	1413	68	17	$1,67 \times 10^{-8}$	XUSL4E30H136N	2,500
1510	1563	76	19	$1,78 \times 10^{-8}$	XUSL4E30H151N	2,800
1660	1713	83	20,5	$1,90 \times 10^{-8}$	XUSL4E30H166N	3,000
1810	1863	91	22	$2,02 \times 10^{-8}$	XUSL4E30H181N	3,300

Type 4

Contrairement au type 2, la conception des barrières immatérielles de type 4 est basée sur une architecture redondante à auto-contrôle automatique.

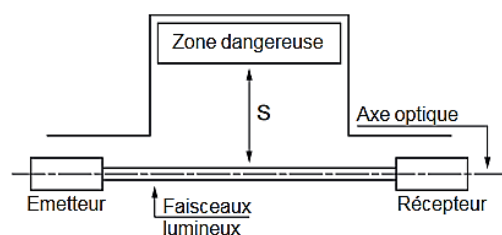
Cette architecture permet la détection immédiate d'un défaut dans l'intervalle du temps de réponse.

Les barrières immatérielles de type 4 sont adaptées pour des applications où l'analyse des risques démontre un risque de blessures modérées ou graves pour les opérateurs.
Les barrières immatérielles de sécurité de type 4 sont disponibles pour la détection du doigt, de la main et du corps. Les barrières XUSL4 disposent d'un temps de réponse plus court et d'un angle d'ouverture des faisceaux plus étroit que les barrières XUSL2.

Les barrières XUSL4 sont compatibles type 4 (CEI 61496-1), SIL 3 (CEI 61508), SILCL3 (CEI 62061) et PLe – Cat.4 (EN/ISO 13849-1).

DT10 : calcul de la distance d'approche de l'axe et de la barrière immatérielle

Positionnement des moyens de protection



Les paramètres sont définis dans la norme EN/ISO 13855 (1). En particulier :

- la distance de sécurité entre la barrière immatérielle et la zone dangereuse,
- la vitesse d'approche du corps,
- les dispositifs multifaisceaux,
- les barrières à faisceaux individuels multiples (2, 3 ou 4 faisceaux).

Calcul de la distance de sécurité minimale S entre la barrière immatérielle et la zone dangereuse

$$S = K (t_1 + t_2) + C \text{ (formule générale)}$$

S = distance minimum, en mm

K = vitesse d'approche du corps (ou d'une partie du corps), en mm·s⁻¹

t₁ = temps de réponse du dispositif de protection, en s

t₂ = temps d'arrêt de la machine (mouvements dangereux), en s

C = distance supplémentaire, en mm

- Cas des barrières multifaisceaux :

$$K = 2000 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$C = 8 (R - 14) \text{ avec } R = \text{résolution de la barrière immatérielle en mm}$$

- Cas des barrières 2, 3 ou 4 faisceaux ou faisceaux individuels multiples :

$$K = 1600 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$C = 850 \text{ mm dans le cas de faisceaux individuels multiples}$$

DT11 : câblage barrières immatérielles

Connexions de l'émetteur

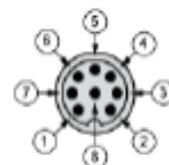


- (1) +24 Vcc
- (2) Configuration_0
- (3) 0 Vcc
- (4) Configuration_1
- (5) Terre fonctionnelle

Configurations et modes de fonctionnement de l'émetteur

	Option grande portée	Option faible portée	Emetteur en mode Test	Câblage interdit
Broche 4 : Configuration_1	24 V	0 V	0 V	24 V
Broche 2 : Configuration_0	0 V	24 V	0 V	24 V

Connexions du récepteur



- (1) OSSD1
- (2) +24 V
- (3) OSSD2
- (4) Configuration_A
- (5) K1_K2 Retour/Redémarrage
- (6) Configuration_B
- (7) 0 Vcc
- (8) Terre fonctionnelle

Configurations et modes de marche des récepteurs

Le tableau suivant décrit les fonctions de contrôle intégrées en démarrage automatique :

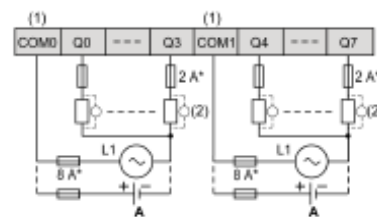
Configuration	Fonctions de contrôle intégrées	
	Démarrage/redémarrage automatique sans boucle de rétroaction EDM	Démarrage/redémarrage automatique avec boucle de rétroaction EDM
Broche 4 : Configuration_A	24 Vcc	24 Vcc
Broche 5 : Boucle de rétroaction/Redémarrage K1_K2	24 Vcc	24 Vcc à travers les contacts de rétroaction NC K1_K2 en série.
Broche 6 : Configuration_B	0 Vcc	0 Vcc
Figures		

Le tableau suivant décrit les fonctions de contrôle intégrées en démarrage manuel :

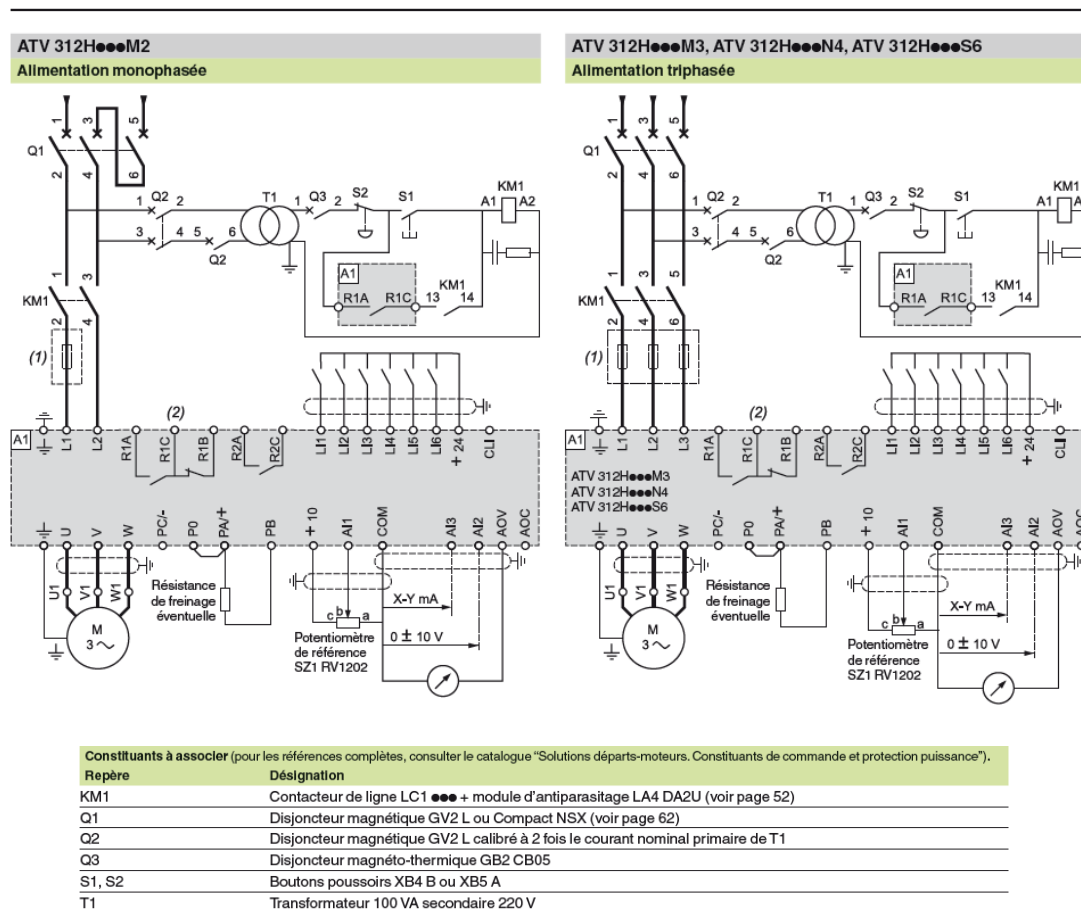
Configuration	Fonctions de contrôle intégrées	
	Démarrage/redémarrage manuel sans boucle de rétroaction EDM	Démarrage/redémarrage manuel avec boucle de rétroaction EDM
Broche 4 : Configuration_A	0 Vcc	0 Vcc
Broche 5 : Boucle de rétroaction K1_K2 / Redémarrage	24 Vcc par le bouton Restart.	24 Vcc par le bouton Restart et les contacts de rétroaction NC K1_K2 en série.
Broche 6 : Configuration_B	24 Vcc	24 Vcc
Figures		

DT12 : schéma câblage sortie automate TM221

La figure ci-après représente le schéma de câblage en logique positive des sorties à la charge pour les modules TM221C40R/TM221CE40R :



DT13 : schéma câblage variateur de vitesse ATV 312



Utilisation des vitesses présélectionnées (3 paramètres, 4 pontages et un potentiomètre)

Description

- **vitesse lente** de 5 Hz si l'entrée LI3 est **activée**
 - **vitesse moyenne** de 45 Hz si l'entrée LI4 est **activée**
 - **vitesse rapide** de 50Hz si LI3 et LI4 sont **activées**
 - **vitesse variable** entre 0 et 50 Hz si les entrées LI3 et LI4 sont **désactivées**, vitesse donnée par le potentiomètre.
- Quelque soit la vitesse choisie, il est **nécessaire** que l'ordre de Marche Sens Avant **LI1** ou l'ordre de Marche sens arrière **LI2** soient **activés**.

Câblage

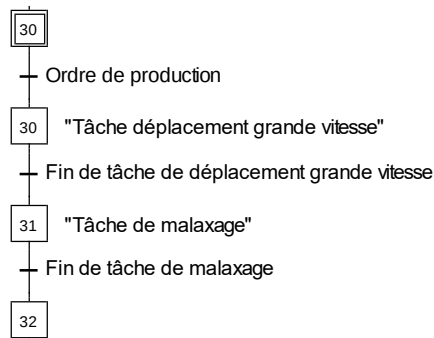
- Ponter la borne LI1 avec la borne +24V pour démarrer en marche avant à la vitesse de consigne du potentiomètre ou à une vitesse présélectionnée si l'une d'entre elles est sélectionnée.
 - Ponter la borne LI2 avec la borne +24V pour démarrer en marche arrière à la vitesse de consigne du potentiomètre ou d'une vitesse présélectionnée si l'une d'entre elles est sélectionnée.
 - LI3 sera ponté avec +24V pour avoir la vitesse lente de 5 Hz,
 - LI4 sera pontée avec +24V pour avoir la vitesse moyenne de 45 Hz
 - LI3 et LI4 seront pontées avec +24V pour avoir la vitesse de 50 Hz
 - Utiliser un potentiomètre de valeur maximum 10 kohms, la référence **SZ1RV1202** est le standard de potentiomètre Schneider : valeur 2,2 kohms.
- Connecter le potentiomètre de la façon suivante : **résistance complète entre les bornes + 10 et COM et le point milieu du potentiomètre sur la borne AI1.**

DT14 : extrait des grafquets de sécurité et de tâche de translation

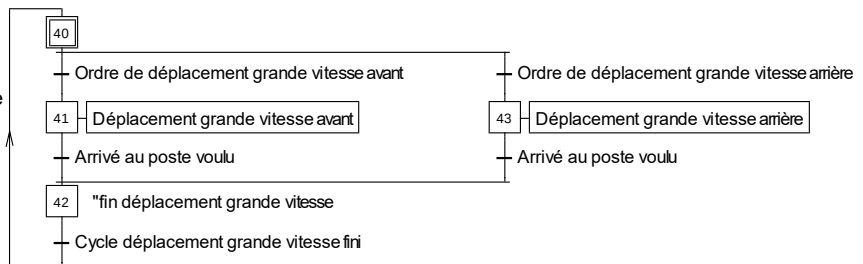
Grafcet GCT point de vue système

Grafcet GTDGV point de vue système

GCT Grafcet de Conduite Tâche

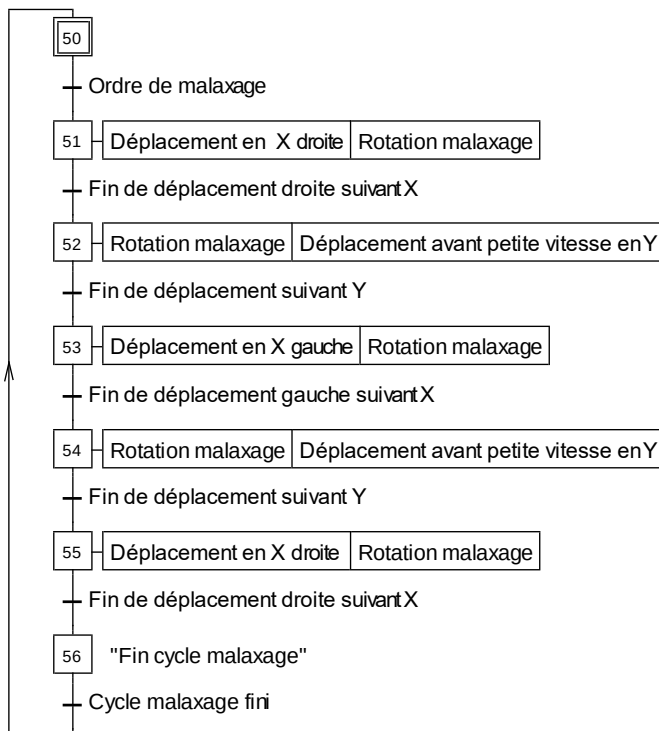


GTDGV Grafcet Tâche Déplacement Grande Vitesse



Grafcet GTM point de vue système

GTM Grafcet de Tâche Malaxage



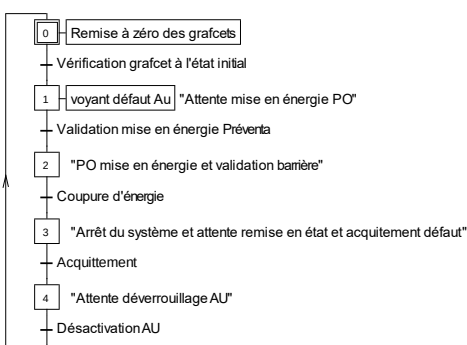
Fonction	Sortie automate
marche sens avant y+	%Q0.0
marche sens arrière y-	%Q0.1
petite vitesse	%Q0.3
déplacement droite X	%Q0.4
déplacement gauche X	%Q0.5
rotation malaxage	%Q0.6

Fonction	Entrée automate
marche sens avant y+	%I0.0
capteur de position droite	%I0.7
capteur de position gauche	%I0.8

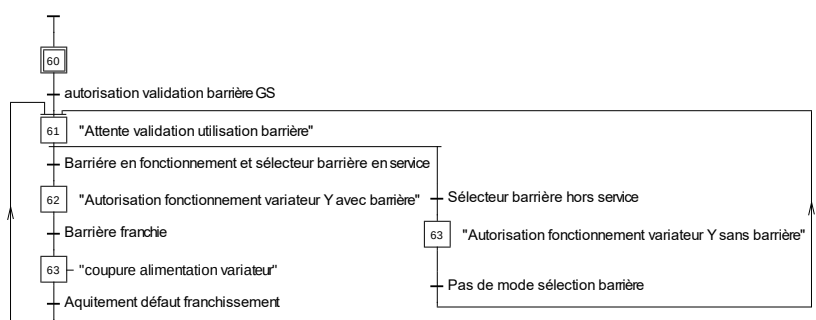
Grafcet GS point de vue système

Grafcet GSB barrière point de vue système

GS Grafcet de Sécurité



GSB Grafcet de Sécurité Barrière



DR1 : calcul des capacités Q1.5

Poste	Capacité en t·h ⁻¹	détail du calcul
Trempe	0,11	4 t en 36 h ; capacité = $\frac{4}{36} = 0,11 \text{ t·h}^{-1}$
Germination		
Tourillage		
Dégermage	1	
Conditionnement (ensilage)	3	

PLANNING DU LUNDI (Semaine1)				
Horaire	Liste des tâches à effectuer		Horaire	Liste des tâches à effectuer
1 6h-7h	Vider Cuve Trempe 1 t - Lot 5 Lot 5 vers Germ Sol Nettoyer Cuve Trempe 1 t		9 14h-15h	Retourner Lot 5 manuellement (motobineuse)
2 7h-8h	Vider Touraille 1 t - Lot 1 Convoyer Lot 1 vers Dégermage		10 15h-16h	Décharger Bacs 4,5,6 - Lot 3 Convoyer Lot 3 vers Touraillage 3 t
3 8h-9h			11 16h-17h	Lancer Touraillage 3 t - Lot 3 Nettoyer Bacs 4,5,6
4 9h-10h	Conditionner en sacs - Lot 1 Touraille 3 t - Lot 2 Lancer Dégermage - Lot 2		12 17h-18h	
5 10h-11h			13 18h-19h	Vider Cuve Trempe 3 t - Lot 6 Lot 6 vers Germ Bacs 4,5,6 Nettoyer Cuve Trempe 3 t Convoyer
6 11h-12h			14 19h-20h	Démarrer Module Germination Bacs 4,5,6 - Lot 6
7 12h-13h			15 20h-21h	
8 13h-14h			16 21h-22h	Retourner Lot 5 manuellement (motobineuse)
		O p é r a t e u r 1	O p é r a t e u r 2	

DR3 : données statistiques des 50 échantillons Q2.1

Taux d'hygrométrie en % classé dans l'ordre croissant

41,8	41,95	42,2	42,25	42,3
42,3	42,55	42,6	42,6	42,6
42,65	42,7	42,75	42,75	42,8
42,95	43	43,05	43,05	43,05
43,05	43,05	43,1	43,1	43,1
43,15	43,2	43,2	43,2	43,25
43,25	43,3	43,3	43,35	43,35
43,45	43,45	43,45	43,5	43,5
43,6	43,6	43,75	43,75	43,75
43,9	43,95	44,1	44,15	44,3

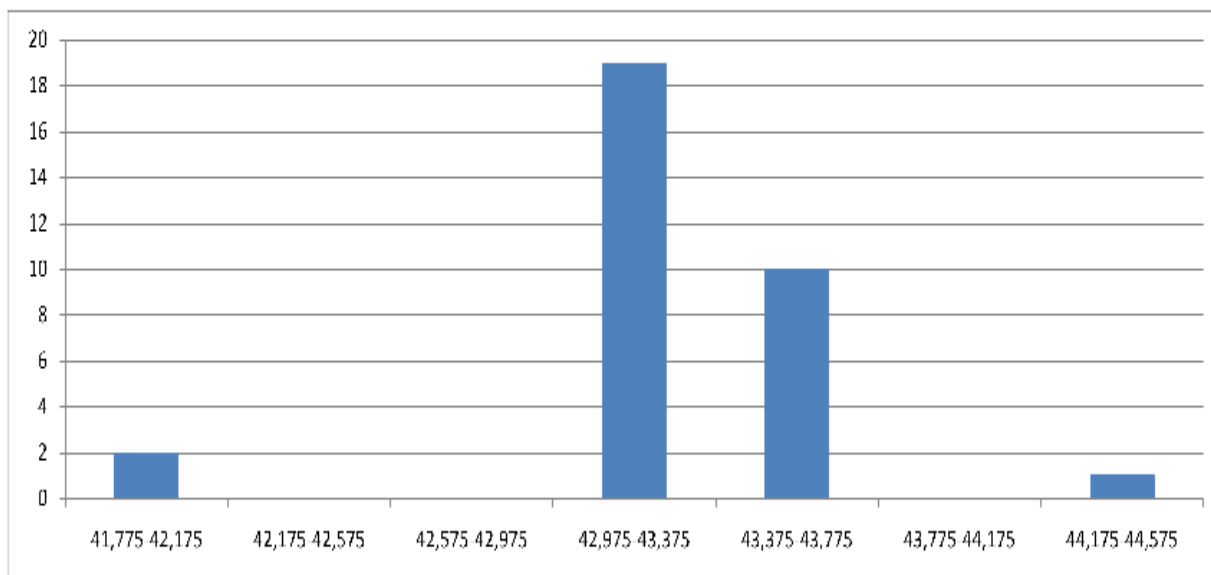
Répartition par classes

Étendue E =

Classe	Fréquence	Fréquence en %	Fréquence cumulée en %
41,775-42,175	2	4	4
42,175-42,575			
42,575-42,975			
42,975-43,375	19	38	70
43,375-43,775	10	20	90
43,775-44,175			
44,175-44,575	1	2	100

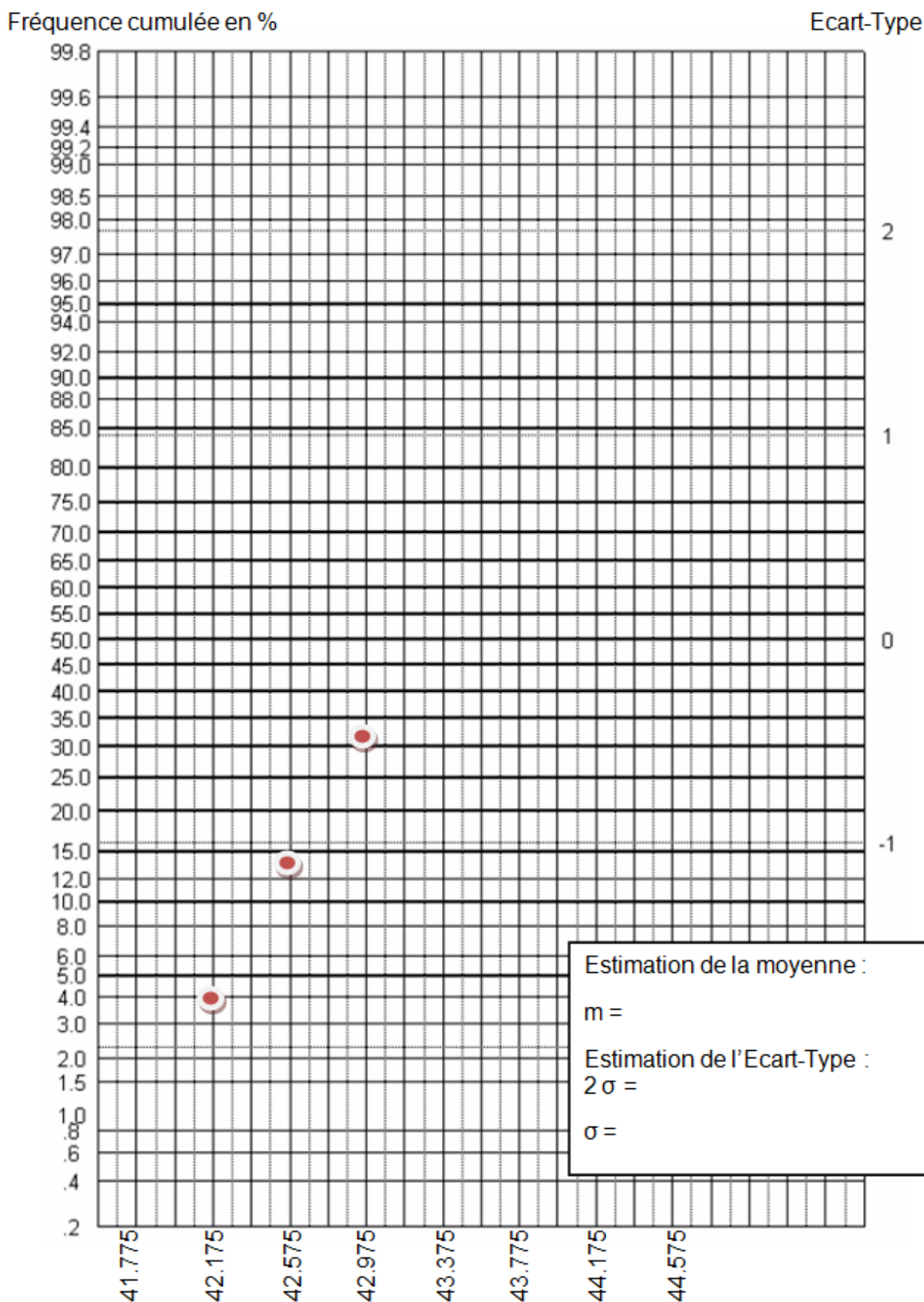
Nbre de classes =

Histogramme des fréquences



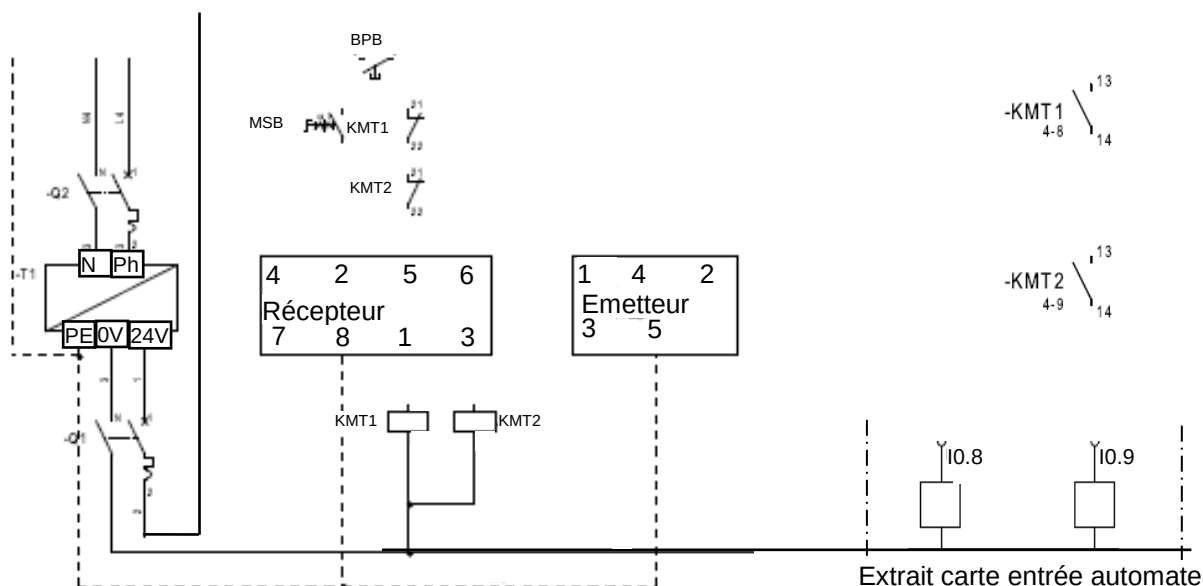
Allure de l'histogramme :

DR4 : droite de Henry sur papier Gausso-Arithmétique Q2.2



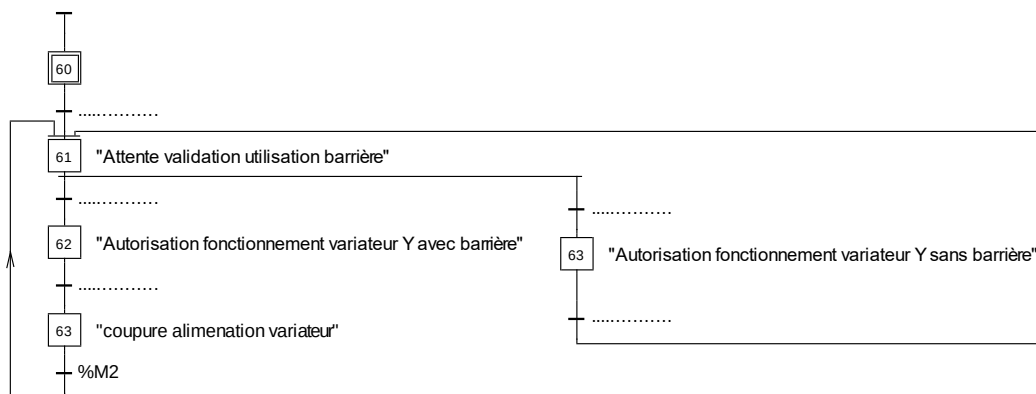
Dans une distribution normale, de moyenne m et d'écart-type σ l'intervalle $[m - \sigma ; m + \sigma]$ regroupe 68 % de la population. Il y a donc 16 % des valeurs inférieures à $m - \sigma$ et 84 % des valeurs inférieures à $m + \sigma$.

DR5 : schéma chaîne de sécurité Q3.3.1



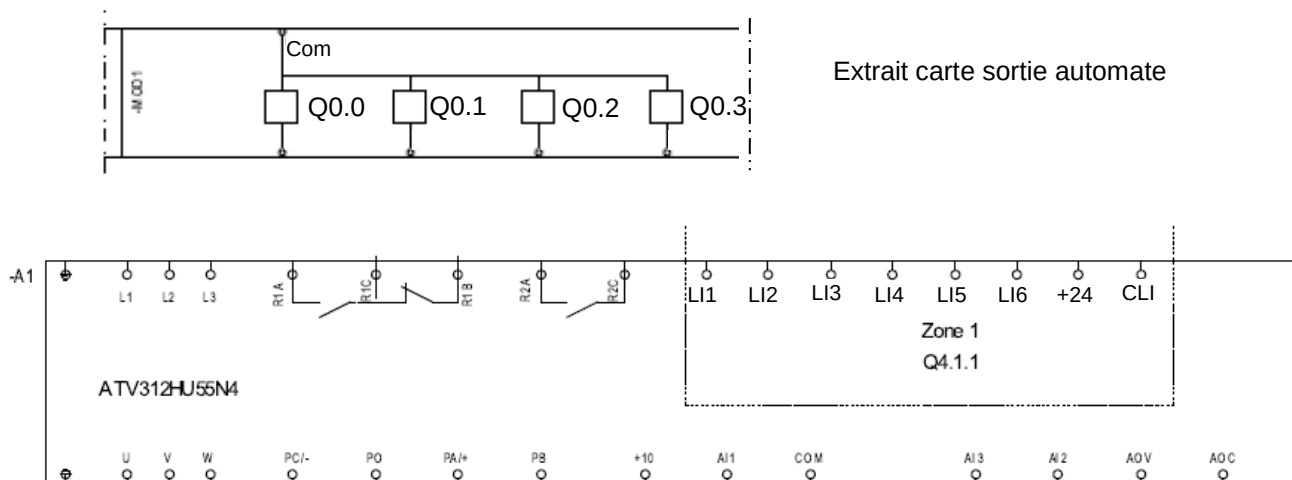
DR6 : adaptation Grafcet de sécurité Q3.4.1

GSB Grafcet de Sécurité Barrière



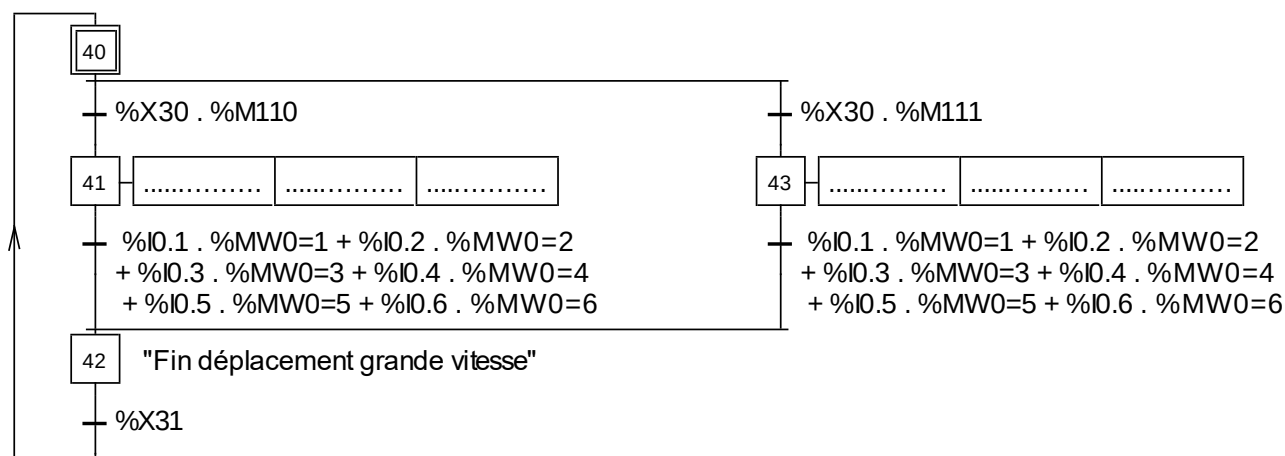
%M2 Bp sur IHM : permet l'aquitement après une détection de la barrière

DR7 : schéma variateur axe de translation suivant Y Q4.1.1



DR8 : adaptation Grafcet de tâche déplacement grande vitesse Q4.2.1

GTDGV Grafcet Tâche Déplacement Grande Vitesse



%M110 = 1 alors déplacement gauche

%M111 = 1 alors déplacement droite

DR9 : adaptation Grafcet de tâche mouvement de translation Q4.2.2

GTM Grafcet de Tâche Malaxage

