

SPECIFICATION PAR GRAFCET TD N° 1

1. LA POMPE SOUTERRAINE

Il s'agit d'une pompe dans une installation minière, servant à évacuer l'eau de ruissellement s'accumulant au fond des galeries.

La pompe, une fois mise en marche par un signal « **marche** » fonctionne en mode automatique. Elle démarre à l'apparition du signal de niveau « **haut** » et reste en fonctionnement par le maintien de l'ordre « **pompage** » tant que le signal de niveau « **bas** » n'apparaît pas, afin d'évacuer toute l'eau possible. Un signal « **stop** » permet de couper ce fonctionnement automatique, uniquement lorsque la pompe n'est pas en train d'évacuer de l'eau.

D'autre part, un détecteur de méthane a été installé afin de déclencher une alarme dès qu'un seuil de pourcentage de gaz est dépassé dans l'atmosphère de la mine (signal « **gaz_max** »). Cette alarme (ordre « **alarme** ») est maintenue jusqu'à ce que le pourcentage de méthane redescende en dessous du seuil (signal « **gaz_min** »).

Dès que l'alarme signalant la présence excessive du méthane est déclenchée, la pompe est verrouillée dans un état d'arrêt pour des raisons de sécurité. Lorsque l'alarme cesse, la pompe doit être réarmée manuellement (poussoir « **réarm** ») pour repasser en mode automatique.

Décrire le Grafcet de commande de la pompe et de l'alarme. Utiliser si nécessaire des variables de synchronisation.

2. PROCEDE CHIMIQUE

On veut piloter un processus chimique de fabrication avec alimentation automatique.

A. DESCRIPTION DU PROCEDE

Le procédé est représenté sur la figure 1. Le stock se compose des réservoirs **RA**, **RB** et **RC** qui contiennent respectivement des produits A, B et C. Le réacteur **RP** contient les produits finis fabriqués selon des recettes.

Les actionneurs du système sont :

- les vannes **VA**, **VB** et **VC** qui ferment le bas des réservoirs respectifs RA, RB, RC. Chaque vanne V_x reçoit un ordre **Passé_x** tel que pour **Passé_x=0**, la vanne est fermée et pour **Passé_x=1**, la vanne est ouverte.
- la vanne **VP** la vanne qui ferme le réacteur. La vanne VP est différente des précédentes et reçoit deux ordres :
 - **Ouvre_VP** doit être une impulsion à 1 de durée 10 ms
 - **Ferme_VP** doit être une impulsion à 1 de durée 30 ms
- la **pompe** qui reçoit un signal **Pomper**. Quand Pomper est à 0, la pompe s'arrête. Quand il est à 1 la pompe tourne
- le **mélangeur** se trouve dans le réservoir P et permet de mélanger son contenu. Il est commandé par un signal **Mélanger**. Quand Mélanger est à 0, il s'arrête. Quand il est à 1, il mélange. Attention le mélangeur doit se mettre en route uniquement quand le niveau dans RP est supérieur à la hauteur NPMilieu.
- Le **réchauffeur** se trouve dans le réservoir RP et permet de réchauffer son contenu. Il est commandé par un signal **Chauffer**. Quand Chauffer est à 1, il chauffe. Sinon il ne chauffe pas. Attention le réchauffeur ne doit pas chauffer tant que le niveau dans RP est inférieur à NPMilieu.

Les capteurs du système.

Sur chaque réservoir x des capteurs NxBas, NxMilieu, NxHaut, valent 0 tant que le niveau est plus bas que le capteur, et 1 quand le niveau est égal ou plus haut. Dans P se trouve une sonde thermométrique dotée de 2 capteurs T1, T2. Le capteur Ti prend la valeur 1 quand la température du bain dépasse Ti. Sinon il vaut 0.

B. LES RECETTES DE FABRICATION

Elles sont constituées de phases séquentielles et/ou parallèles. Deux recettes sont utilisées pour fabriquer 2 produits différents P1 et P2.

- **Recette de P1**

Remplir P avec A jusqu'à NPMilieu. Compléter avec B jusqu'à NPHaut.
Mélanger pendant 30 s, puis Chauffer jusqu'à T1. Ensuite vider P.

▪ **Recette de P2**

Remplir P avec A pendant 5 secondes. Compléter avec B jusqu'à atteindre NPMilieu.
Compléter avec C jusqu'à atteindre NPHaut.
Mélanger et Chauffer en même temps, dès que le niveau dans P est supérieur à NPMilieu.
Arrêter le chauffage quand la température T2 est atteinte.
Quand le niveau NPHaut est atteint, Vider le réacteur.

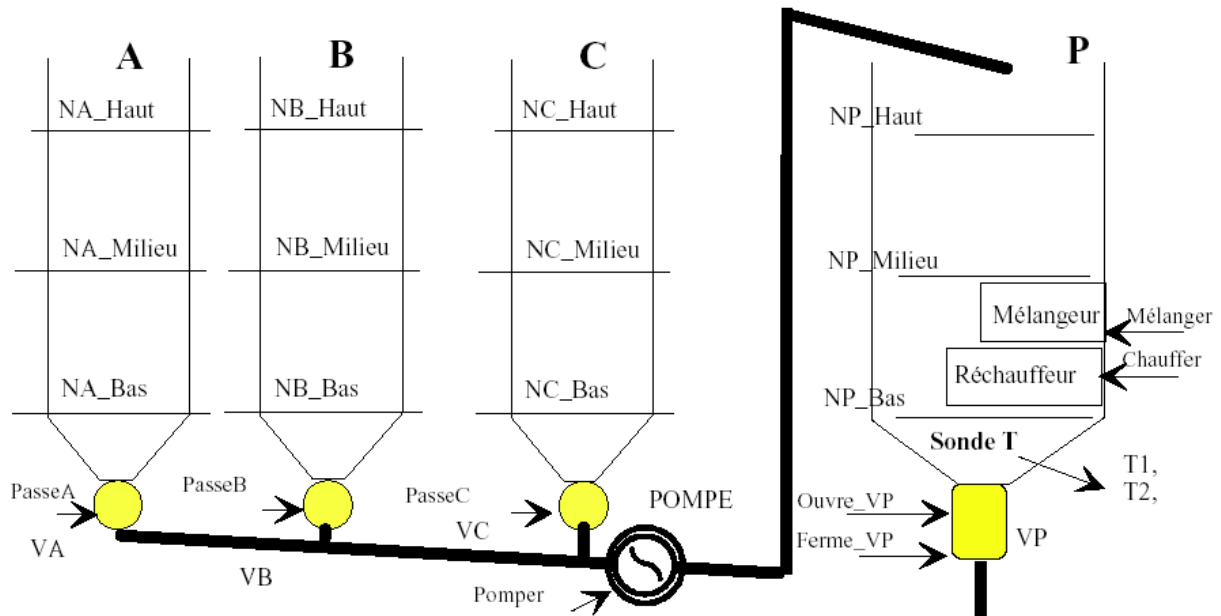


Figure 1 : Le processus

La phase de Vidange de P.

Pour vider P, Ouvrir la vanne VP et détecter que le liquide descend jusqu'à NPBas. Laisser la vanne encore ouverte pendant 15 secondes, pour permettre au liquide de s'écouler complètement, puis Fermer la vanne.

Le Fonctionnement des DEMANDES DE FABRICATION des produits.

La fabrication des produits P1 et P2 est demandée par deux signaux DP1 et DP2, dont la valeur vient de l'extérieur du système aléatoirement (ces ordres de fabrication peuvent arriver n'importe quand). Quand DP1 est à 0, le produit P1 n'est pas demandé. Quand DP1 est à 1, P1 est demandé (idem pour DP2).

Si P1 et P2 sont demandés en même temps, P1 est prioritaire. Quand un produit est en fabrication, une demande de l'autre n'arrête pas la fabrication en cours.

C. DESCRIPTION DU PROBLEME

On veut concevoir le Grafcet de commande de l'ensemble selon une conception modulaire. Les Grafcets sont décomposés selon deux niveaux :

- les **grafcets d'objectif** qui permettent de réaliser un objectif précis. On définit ici les objectifs suivants :
 - GP1 : Fabrication de P1,
 - GP2 : Fabrication de P2,
 - GV : Vidange de P.
- le **grafcet de mode Automatique** (GA) qui appellera les trois autres selon les besoins.

1. Décrire les grafcets d'objectif séparément.

2. Décrire le grafcet de mode automatique. Ce grafcet reçoit les demandes de fabrication. Il choisit la fabrication, lance la fabrication, et lance la vidange du réservoir RP. Il coordonne donc les grafcets d'objectifs précédemment décrits et contrôle le conflit d'accès à la production (la ressource étant le réacteur RP) par un sémaphore.

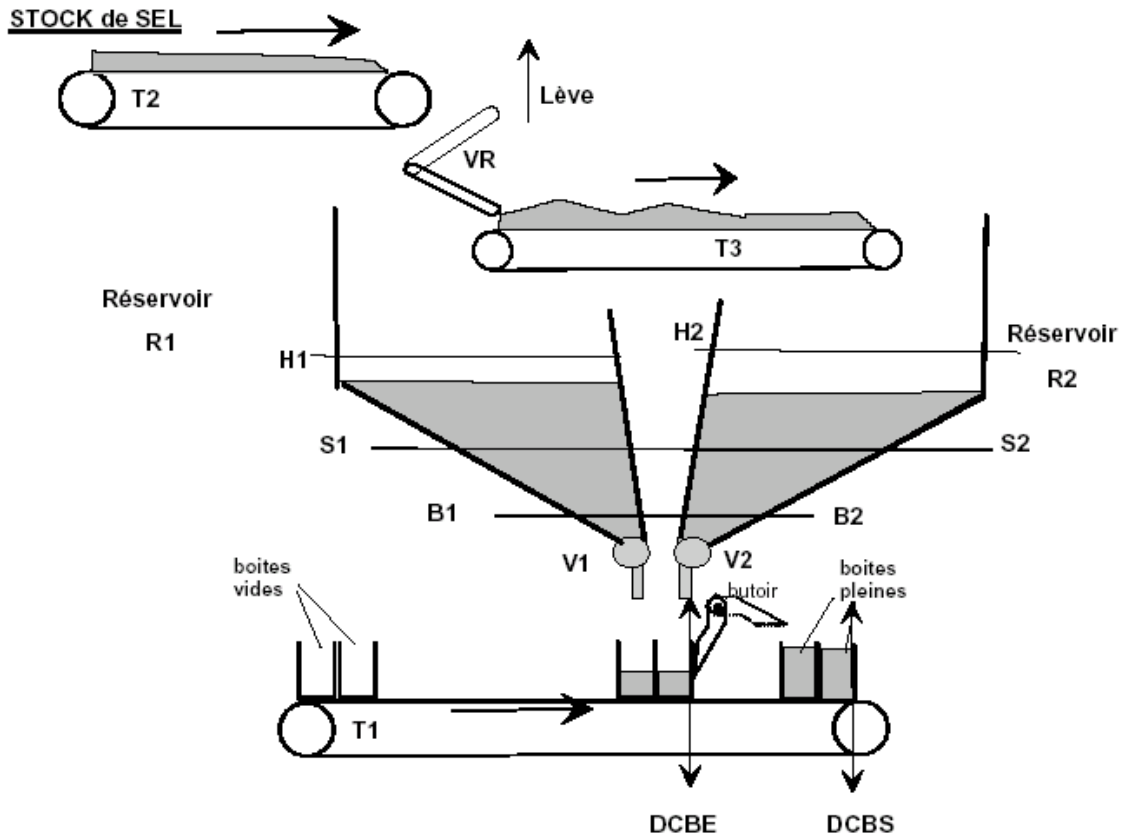
SPECIFICATION PAR GRAFCET

TD N° 2

3. CHAINE DE CONDITIONNEMENT DE SEL

A. LE SYSTEME

On considère le système de conditionnement du sel de mer décrit la figure ci-dessous.



Sur un tapis roulant **T1** avancent les boîtes vides. Ces boîtes passent sous deux réservoirs **R1** et **R2** remplis tous deux du même produit : du sel. Ces réservoirs sont alimentés, par l'intermédiaire de deux tapis roulants **T2** et **T3**, à partir d'un stock de sel supposé infini, non représenté, mais situé en haut à gauche de la figure.

On peut décomposer le fonctionnement en 2 sous-ensembles presque indépendants :

REMPLEIRBOITES et **APPRORESERVOIRS**.

B. REMPLISSAGE DES BOITES - REMPLIRBOITES -

Les boîtes arrivent par lots de deux, sur **T1**. Elles sont véhiculées de gauche à droite par **T1**. Un lot de boîte est poussé sur **T1** par le système amont, chaque fois que deux boîtes viennent d'être remplies. Le mouvement du tapis **T1** évacue le lot de boîtes pleines, et en même temps apporte un lot vide. Le tapis ne reçoit qu'un lot de deux boîtes, de l'amont, à la fois. Le tapis **T1** est commandé par un seul signal: **AvanceTapis** (quand **AvanceTapis** est à 1 le tapis avance, il est à l'arrêt sinon).

A côté du tapis **T1**, deux capteurs **DCBE** et **DCBS** sont sensibles au passage de chaque lot de boîtes. **DCBE** se trouve là où la boîte de droite d'un lot doit être arrêtée sous les réservoirs. **DCBS** se trouve au bout du tapis **T1** et détecte l'évacuation des boîtes pleines.

Le taquet nommé **BUTOIR** arrête la boîte de droite du lot (la première), de telle sorte que les deux boîtes vides se présentent simultanément sous les deux réservoirs et doivent être remplies simultanément. Le butoir est commandé par un signal **STOP**. Quand **STOP** est à 1, le butoir est en bas et bloque l'avancement des boîtes.

Quand Stop est à 0, le butoir est en haut et laisse passer les boîtes. On néglige les temps de montée et descente de **BUTOIR**, car ses déplacements sont très rapides par rapport à l'avance des boîtes.

Pour remplir les boîtes, chaque réservoir **Ri** doit libérer une charge dont le volume est contrôlé par le temps d'ouverture de la vanne **Vi** située à sa base. Ce temps doit être de 10 secondes.

Chaque vanne **Vi** est commandée par deux signaux : **OuvreVi** et **FermeVi**.

- **OuvreVi** doit être un signal impulsif à 1, de durée 10 millisecondes. Il provoque l'ouverture de la vanne, qui reste ouverte après l'impulsion.
- **FermeVi** doit être un signal impulsif à 1, de durée 20 millisecondes. Il provoque la fermeture de la vanne, qui reste fermée après l'impulsion.

1. La commande

Le butoir est mis à **STOP**. Le tapis **T1** est mis en route au départ. Un lot vide est attendu. Un lot de 2 boîtes vides est apporté aléatoirement par l'amont sur **T1**. Dès que ce lot est détecté par **DCBE**, le lot bute sur le butoir et le tapis s'arrête, en même temps. Le remplissage doit être déclenché. Dès que le lot est plein, le tapis est remis en route et le butoir est levé, en même temps. Quand le lot plein est détecté par **DCBS**, le butoir est remis en position basse, par le signal **STOP**.

*La séquence recommence. La longueur du tapis avant et après **DCBE** est telle que le lot plein atteint la sortie et **DCBS**, avant que le lot vide n'atteigne **DCBE**.*

Concevoir le Grafcet, que l'on nomme **REEMPLIRBOITES** qui contrôle le tapis, les vannes, et le butoir.

2. La surveillance

On veut surveiller le risque de blocage du système. Pour cela il faut vérifier que le temps qui sépare l'arrivée d'un lot en **DCBE**, et l'arrivée du lot suivant (en **DCBE**) n'excède pas 25 secondes.

Donner le Grafcet nommé **GSURV_REMP**, qui allume un signal **Maintenance_chaine** quand cette anomalie est détectée.

C. APPROVISIONNEMENT DES RESERVOIRS - APPRORESERVOIRS -

Les deux réservoirs sont alimentés à partir d'un stock de sel supposé infini, par l'intermédiaire de deux tapis roulants **T2** et **T3** et d'un vérin **VR** assurant l'aiguillage du sel sur **R1** ou **R2**.

Chaque Tapis **Tn** (**T2** ou **T3**) est commandé par un seul signal: **AvanceTapisn** (identique à **T1**).

1. La commande

Il faut maintenir le niveau des réservoirs entre **Si** et **Hi** (mais pas supérieur). L'approvisionnement des réservoirs s'effectue en alternance. Cependant si l'un des réservoirs se trouve au niveau **Bi** il est alimenté en priorité, même si l'autre est en cours d'approvisionnement.

Concevoir le Grafcet, que l'on nomme **APPRORESERVOIRS**, qui contrôle l'approvisionnement.

2. La surveillance

Il est impératif de surveiller le bon fonctionnement de l'approvisionnement car toute panne bloquerait la chaîne de conditionnement aval. Pour cela il faut vérifier qu'aucun réservoir ne reste en dessous de **Si** plus de 4 minutes.

Donner le Grafcet nommé **GSURV_APPRO**, qui allume un signal **Maintenance_appro** quand cette anomalie est détectée.

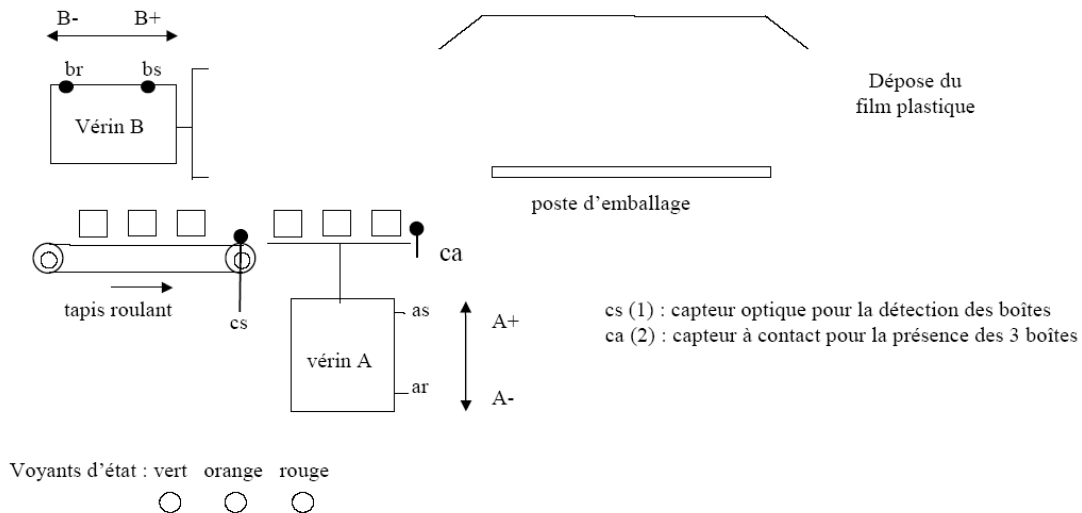
Modifier le Grafcet afin d'arrêter la chaîne si 7 mn après avoir allumé le voyant **Maintenance_Appro**, au moins l'un des réservoirs est encore à un niveau inférieur à **Si**.

SPECIFICATION PAR GRAFCET TD N° 3

4. COMMANDE D'UN POSTE D'EMBALLAGE

A. DESCRIPTION DU PROCESSUS

On désire automatiser un poste de conditionnement de boîtes de conserves. Six boîtes de conserves sont conditionnées (emballées) à la fois. Le système de conditionnement est décrit sur la figure ci-dessous :



B. LA COMMANDE

1. Selon une approche par décomposition, donner les Grafcets régissant le fonctionnement donné par le cahier des charges suivant :

- (a)- faire tourner le tapis jusqu'à accumuler 3 boîtes sur le plateau du vérin A. Dès que le passage de 3 boîtes a été détecté, attendre 5 secondes avant d'arrêter le tapis. Les 3 boîtes sont considérées comme présentes sur le plateau du vérin A si le capteur ca est enclenché.
- (b)- transférer ces 3 boîtes devant le plateau du vérin B.
- (c)- ramener le vérin A en position basse.
- (d)- répéter les étapes a, b, c afin d'accumuler 6 boîtes sur le poste d'emballage. Les 6 boîtes sont d'abord accumulées devant le plateau du vérin B, puis transférées à l'emballage.
- (e)- ramener le vérin B et déposer le film plastique sur le lot de 6 boîtes. La durée de l'emballage est de 30 secondes et l'évacuation du lot est manuelle.

2. Identifier les activités qui peuvent se dérouler en parallèle. Vérifier que votre modèle Grafcet le permette.

3. On souhaite surveiller la durée du cycle de conditionnement d'un lot de boîtes pour détecter les ralentissements de cadence symptômes d'usures, de désajustements, etc ... Si la durée du cycle est supérieure à 2 minutes, allumer un voyant orange sans interrompre le cycle. Si 10 secondes plus tard, le cycle n'est toujours pas terminé, il faut allumer un voyant rouge. Après l'intervention du technicien de maintenance, revenir au feu vert (allumé à l'état initial).

SPECIFICATION PAR GRAFCET

TD N° 4

5. SYSTEME D'APPROVISIONNEMENT AUTOMATIQUE DE SILOS

A. DESCRIPTION DU PROCESSUS

Le système consiste à approvisionner automatiquement 3 silos SA, SB, SC, à partir de 3 stocks de minerai A, B, C (Cf. figure 1). Le minerai est transporté depuis les stocks vers les silos au moyen de tapis roulant. Les flèches donnent le sens de déplacement du minerai sur les tapis.

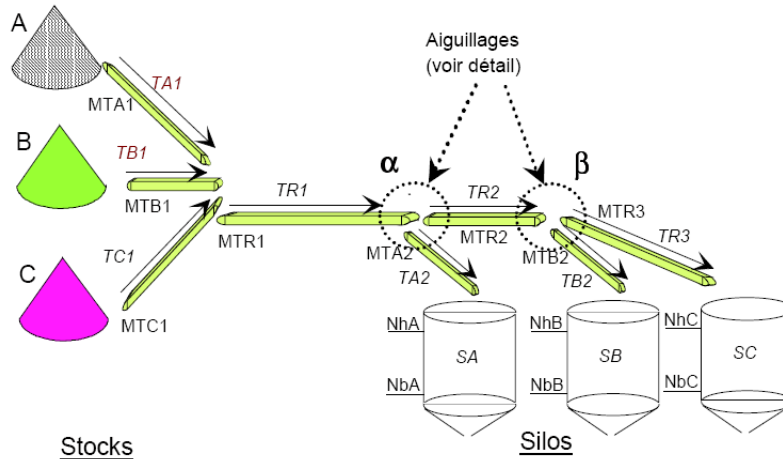


Figure 1 - le Site de la mine

Les tapis

Chaque tapis Tx est commandé par un moteur MTx. L'ordre "Marche" du moteur MTx est : MMTx.

- Quand MMTx = 0 le moteur est arrêté.
- Quand MMTx = 1 le moteur entraîne le tapis Tx.

Les aiguillages

Les aiguillages (α et β) permettent au minerai de passer d'un tapis amont à un réservoir ou à un tapis aval (Cf. Figure 2). Ils sont constitués d'un panneau Px ($P\alpha$ ou $P\beta$) qui peut monter ou descendre sous l'effet d'un moteur MPx. Les flèches de la figure montrent le parcours du flux :

- Quand P est en position basse, le minerai tombe dans le réservoir qui est en dessous.
- Quand P est en position haute, le minerai tombe sur le tapis en aval de l'aiguillage.

Les commandes du moteur MPx sont respectivement MONTEPx et DESCENDPx. Le tableau ci-dessous donne la combinaison des ordres possibles :

		MONTEPx	
		0	1
DESCENDPx	0	P bloqué	P Monte
	1	P Descend	INTERDIT

Deux capteurs Phx et Pbx détectent la position de Px :

- Phx (respectivement Pbx) = 1 signifie P arrivé en haut (respectivement en bas).
- Phx (respectivement Pbx) = 0 signifie P non arrivé en haut (respectivement en bas).

Les Silos

Les Silos Sy sont munis de deux capteurs de niveau Nhy et Nby :

- Quand un capteur vaut 0, le minerai n'atteint pas ce niveau.
- Quand un capteur vaut 1 le minerai atteint ou dépasse ce niveau.

Le tableau ci-dessous résume les cas possibles :

		Nhy	
		0	1
Nby	0	Silo VIDE	impossible
	1	Niveau Intermédiaire	Silo PLEIN

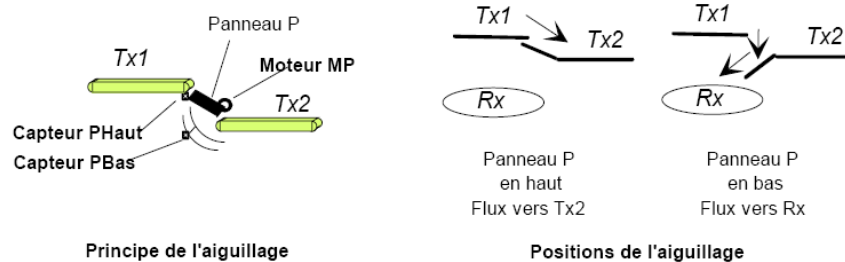


Figure 2 - Les aiguillages

B. LA COMMANDE

L'approvisionnement est demandé quand NbC a la valeur 0. Pour approvisionner un silo il faut exécuter les opérations suivantes :

- Mettre les aiguillages en position correcte pour atteindre le silo.
- Une fois les aiguillages positionnés, faire tourner les tapis qui conduisent du stock au silo.

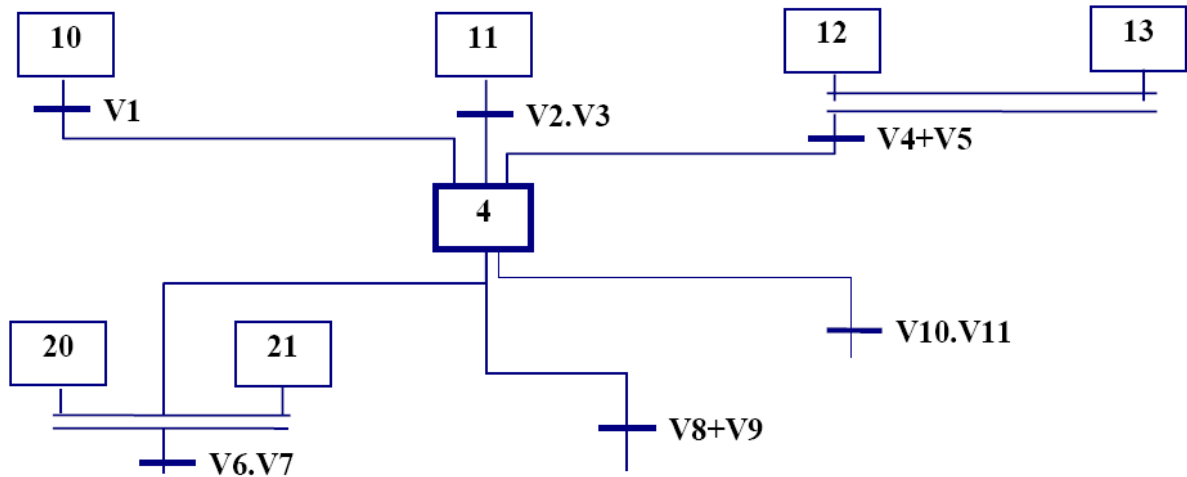
L'approvisionnement se termine quand NhC vaut 1. Il faut alors vider les tapis communs utilisés (TR1 et/ou TR2) de façon à ce qu'aucun minerai ne subsiste sur ces tapis. Pour cela on laisse tourner le tapis jusqu'à ce que la bande ait fait un parcours complet. Cela prend 30 secondes pour TR1 et 10 secondes pour TR2. La position des capteurs Nhy de chaque silo tient compte de cet apport supplémentaire de matière, après la détection de dépassement de Nhy (ainsi le silo ne déborde pas, bien que du minerai arrive encore après détection de Nhy).

L'état initial du système est : Tapis arrêtés, Aiguillages dans n'importe quelle position.

- 1) On veut d'abord construire le Grafcet d'approvisionnement d'un Silo, indépendamment des autres. Construire le Grafcet GC qui approvisionne SC.
- 2) En fait, les demandes d'approvisionnement arrivent aléatoirement quand le niveau du minerai descend sous les niveaux Bas dans les silos. Construire les Grafcet GA, GB, GC pour ne permettre qu'un approvisionnement à la fois. En cas de demandes simultanées, A est prioritaire sur B, qui est prioritaire sur C. En outre quand un approvisionnement est commencé, il se termine.

SPECIFICATION PAR GRAFCET
TD N° 5

1. Donnez l'équation d'état de l'étape 4. L'équation d'état est celle qui donne l'état de l'étape à l'instant t_{n+1} en fonction de l'instant t_n et des entrées à l'instant t_{n+1} .



2. Déterminer les équations équivalentes au Grafcet décrit sur la figure ci-dessus.

