

Dossier technique DTA : fabrication du papier

1-PROCEDE

11-Fabrication de la pâte , alimentation de la caisse de tête (cf figure 1)

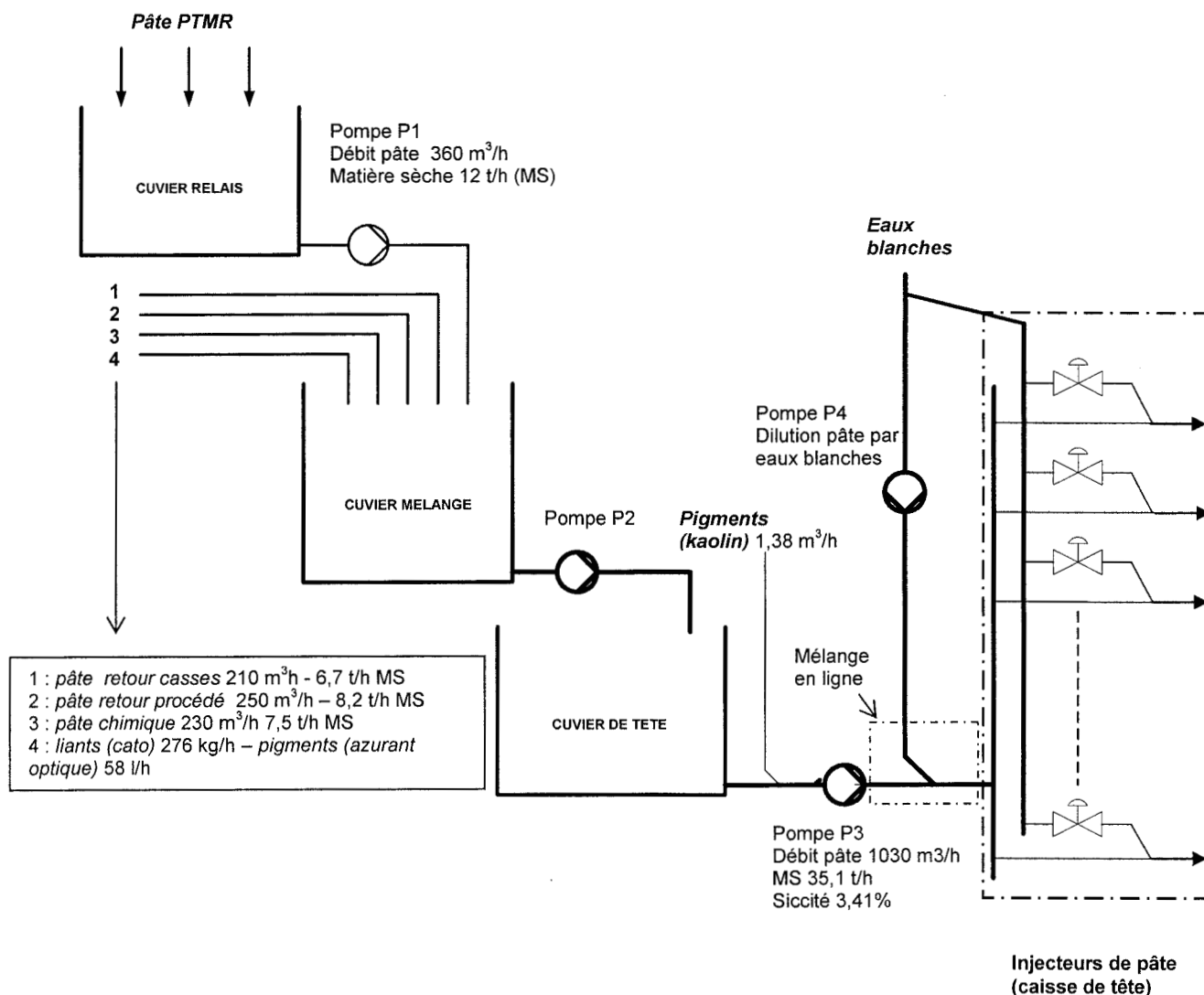


Figure 1 : circuit de tête, alimentation de la machine à papier MP5.
Les valeurs reportées sont données à titre indicatif pour avoir un ordre de grandeur de l'installation

Pour faciliter la circulation de la pâte en amont de la dilution, la **concentration en matières sèches (siccité) est réglée dans le cuvier mélange** à une valeur comprise entre **3 et 3,5%** selon la production ce qui correspond à **30 et 35 g par litre de pâte**. La pâte est injectée dans la machine au niveau de la caisse de tête sous la forme de jets multiples créant une suspension fibreuse uniforme et stable.

Le circuit de tête assure 2 fonctions :

➤ **le réglage du grammage du papier (masse au m²) :**

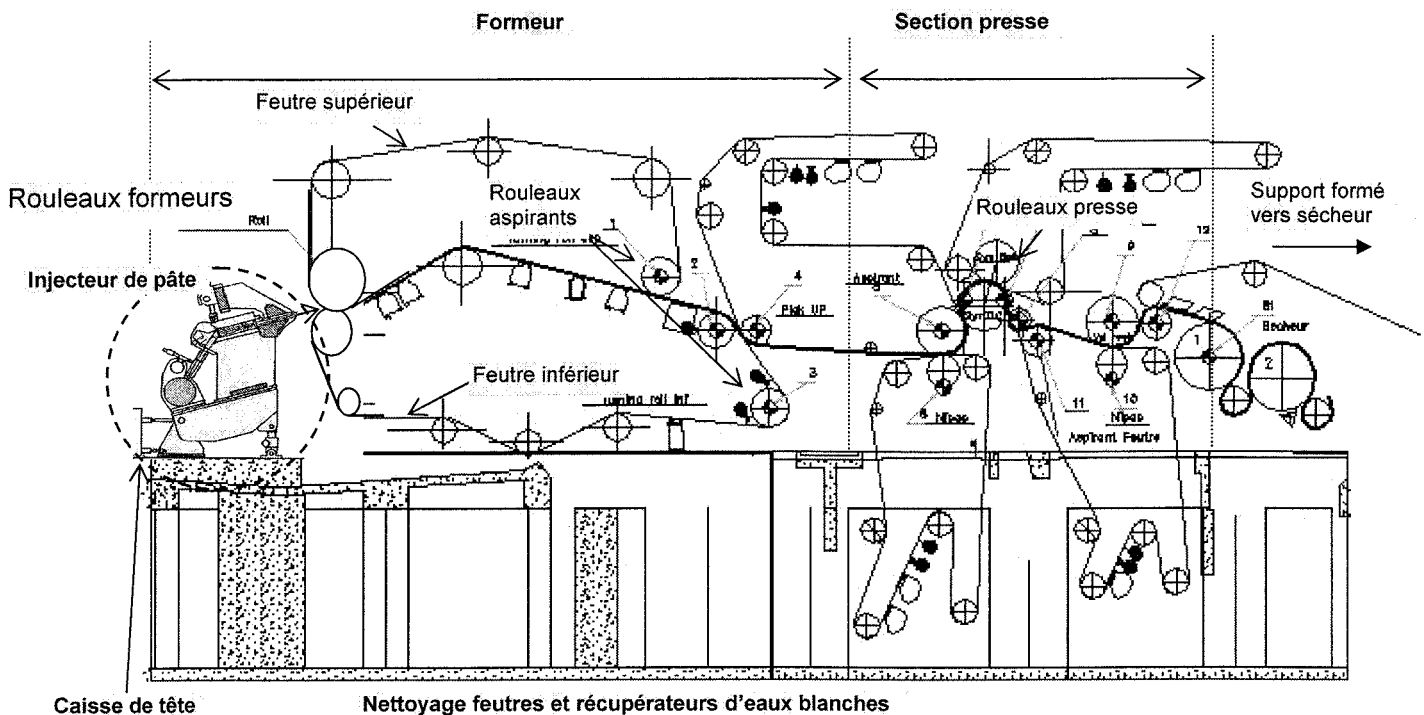
- **un réglage de valeur maximale** est réalisé par une pompe centrifuge (P3): pour une vitesse de machine donnée, une siccité et un niveau de pâte constants dans le cuvier de tête, elle est fixée par le débit de matières sèches contenues dans la pâte.
- **un réglage fin** est réalisé par les vannes proportionnelles de dilution situées au niveau des injecteurs : elles ajoutent une faible quantité d'eau blanche pour ajuster le grammage.

➤ **le réglage de la siccité (ou concentration) :**

grâce à un mélangeur en ligne (dilution générale) la pâte est diluée avec les eaux blanches récupérées dans la machine pour obtenir une concentration de **7g par litre** d'eau au niveau du formeur.

Remarque : en raison des conditions sévères de fonctionnement, il n'est pas possible d'effectuer une mesure fiable de siccité à ce stade de la production.

12-Formage du support papier (cf figure 2)



Le formeur, appelé «gapformer», est un système adapté aux machines à papier modernes à grande vitesse.

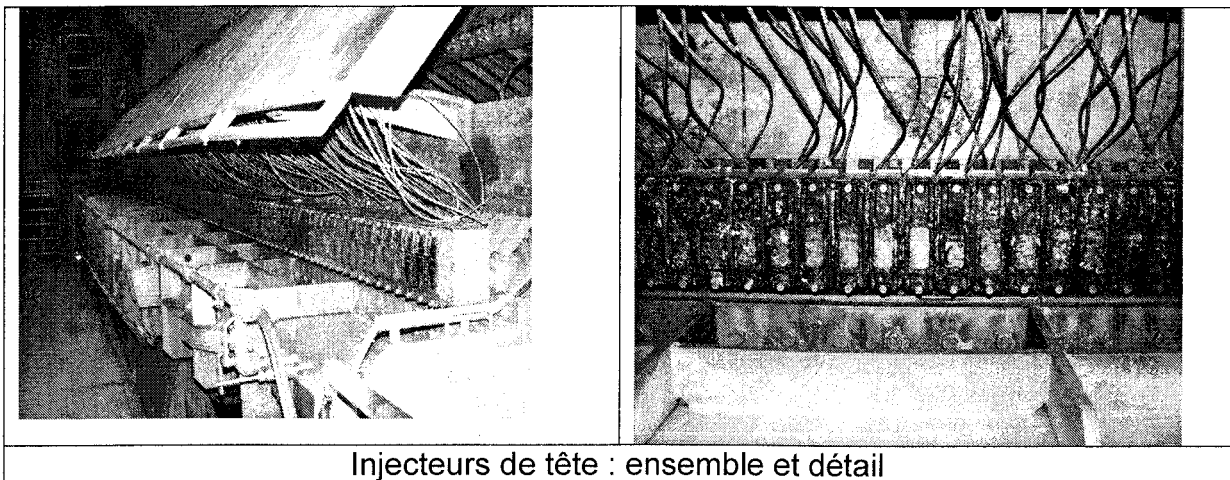
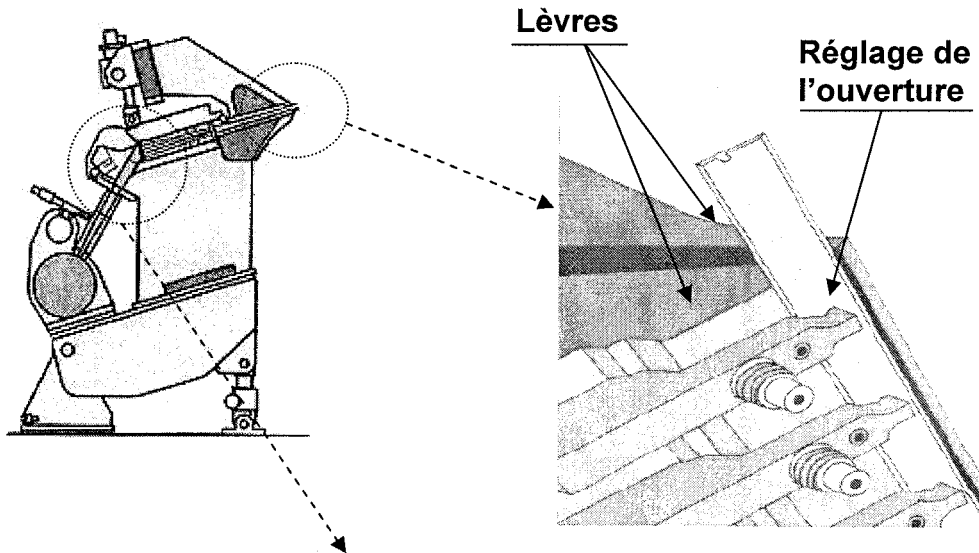
A la sortie de la caisse de tête, la suspension de fibres est directement projetée entre deux toiles pour égoutter les 2 côtés à la fois.

Le matelas de fibres est définitivement constitué à la seconde même où il sort de la caisse de tête : il n'est plus possible de modifier la structure de la feuille et on ne peut plus jouer que sur l'épaisseur.

Le système d'injection est constitué (cf figures 3):

- de **156 injecteurs** répartis sur la largeur de la machine par lesquels la pâte est envoyée par jet vers le formage ; cette répartition permet d'ajuster le grammage du papier
- d'un ensemble mécanique appelé « **lèvres** » réglé une fois pour toute pour l'ensemble de la production : il a pour rôle de fixer l'épaisseur du film de pâte injecté.

On crée ainsi un film de pâte homogène d'une largeur de **9m** environ



Injecteurs de tête : ensemble et détail

Figures 3

La pâte est dirigée sur les rouleaux formeurs chargés de tirer le matelas de fibres maintenant appelé **support** : l'angle d'incidence et l'impact sont réglés de manière à favoriser la formation du matelas de fibres entre les feutres :

le processus d'élimination de l'eau commence avec l'imprégnation des feutres et l'aspiration de l'eau au travers de **rouleaux aspirants** par vide d'air.

La siccité est d'environ **20%** en sortie de formeur.

Le support passe ensuite dans la section presse formée de rouleaux presseurs dont le rouleau supérieur est déformable pour augmenter la surface pressée (**shoe press** cf figure 4).

L'effort de presse détermine l'efficacité de l'essorage du support (siccité en sortie d'essorage : **45%**).

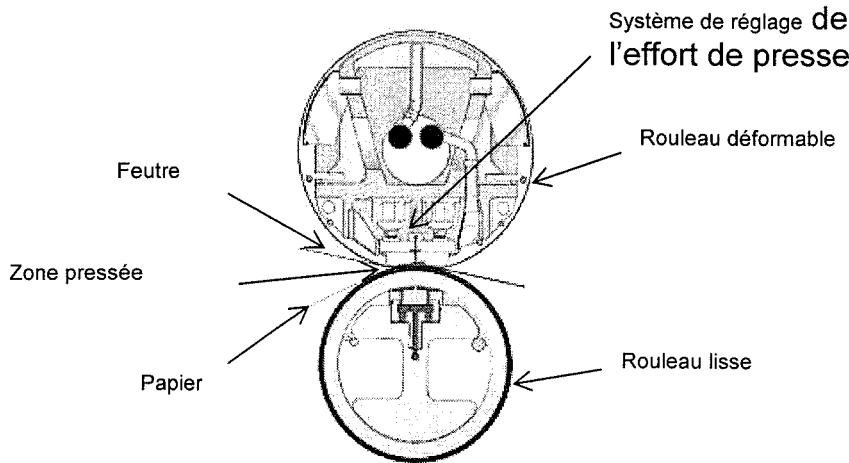


Figure 4

Le rouleau déformable est en contact avec le feutre : il est revêtu d'un élastomère comportant une structure d'accueil (trous ou rainures) pour drainer l'eau éliminée.

13-Séchage du support (cf figures 5)

Le reste de l'eau est évaporé par passage entre **29 cylindres** chauffés à la vapeur

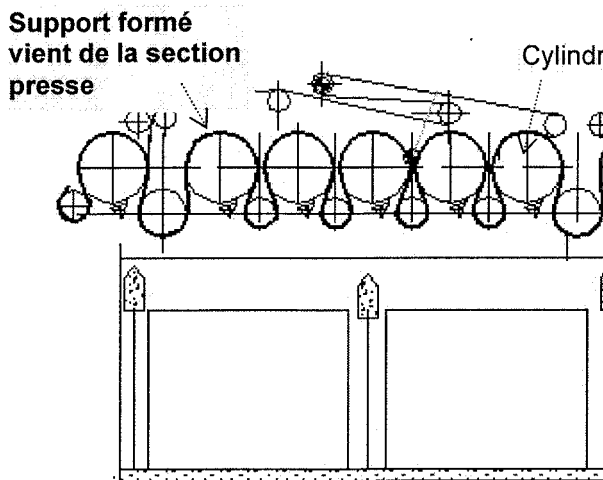


Figure 5a : cylindres supérieurs

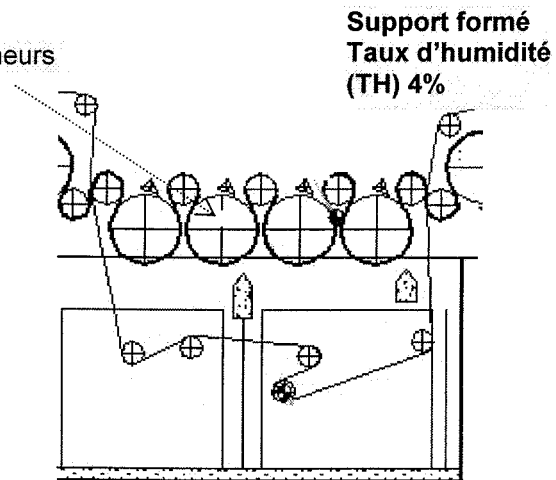
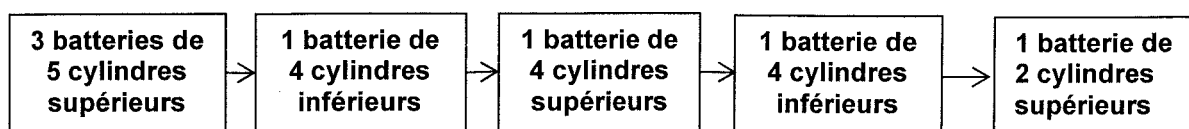


Figure 5b : cylindres inférieurs

Le support est guidé par des feutres qui s'enroulent autour des cylindres. Les cylindres sécheurs sont disposés comme suit :



Le débit vapeur des cylindres (contrôlé par vannes vapeur) règle la température de ceux-ci pour obtenir un taux d'humidité du support de **4% en sortie de sécherie**.

S'il s'avère que le support est trop sec, un caisson appelé « **Steam box** » permet de réhumidifier légèrement le papier en injectant de la vapeur humide.

A la sortie de sècherie, la calandre de machine :

- fixe l'**épaisseur** du support
- lisse le support pour structurer mécaniquement les fibres avant couchage.

La calandre est constituée de 2 rouleaux durs (fonte ou acier) associés en presse .

L'effort de presse, fourni par vérins hydrauliques ,dépend de l'épaisseur désirée.

Un des rouleaux est chauffé par soufflage d'air chaud issu de **105 buses** contenant des **résistances électriques** et réparties sur sa longueur.

Ce dispositif permet de dilater localement le rouleau et donc d'ajuster , à effort de presse donné , l'épaisseur du papier.

En ce point , le procédé est suffisamment stable pour effectuer , dans des conditions supportables par le matériel , une 1^{ère} série de mesures par scanner les grandeurs suivantes :

- **grammage** par secteur d'injection
- **épaisseur** par secteur d'injection
- **humidité moyenne sur la largeur**
- **taux de charges moyen du papier** : fixé par le débit de kaolin mélangé en ligne avec la pâte

14-Couchage du support (cf figures 6)

Le papier subit un traitement d'enduction et un traitement mécanique de calandrage : il devient alors **papier couché**.

Le couchage consiste à déposer, sur les deux faces du papier , un enduit à base de pigments fins et de liants, appelé **sauce** . Le but est de permettre une meilleure reproduction des impressions en transformant la surface rugueuse et macroporeuse en une face unie et microporeuse.

Le système de couchage est constitué de **119 vis** réparties sur la largeur du support.

En fonction de la quantité déposée sur la feuille, on obtient différents types de papiers couchés : pigmentés, légers, modernes ou classiques.

On améliore aussi l'aspect ou le toucher du papier. Le kaolin (argile blanche très fine) et le talc sont souvent utilisés comme pigments de la sauce de couchage.

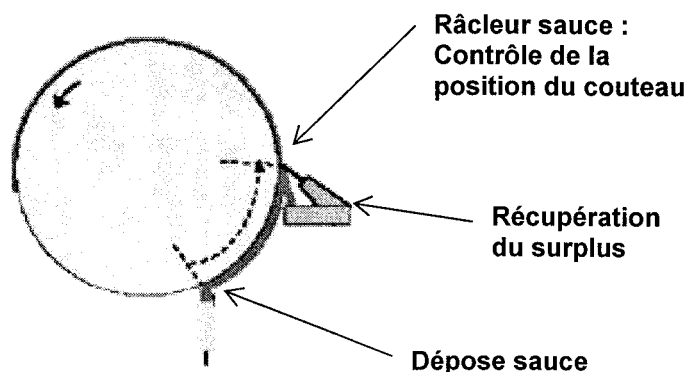


Figure 6a : principe de la dépose de la sauce

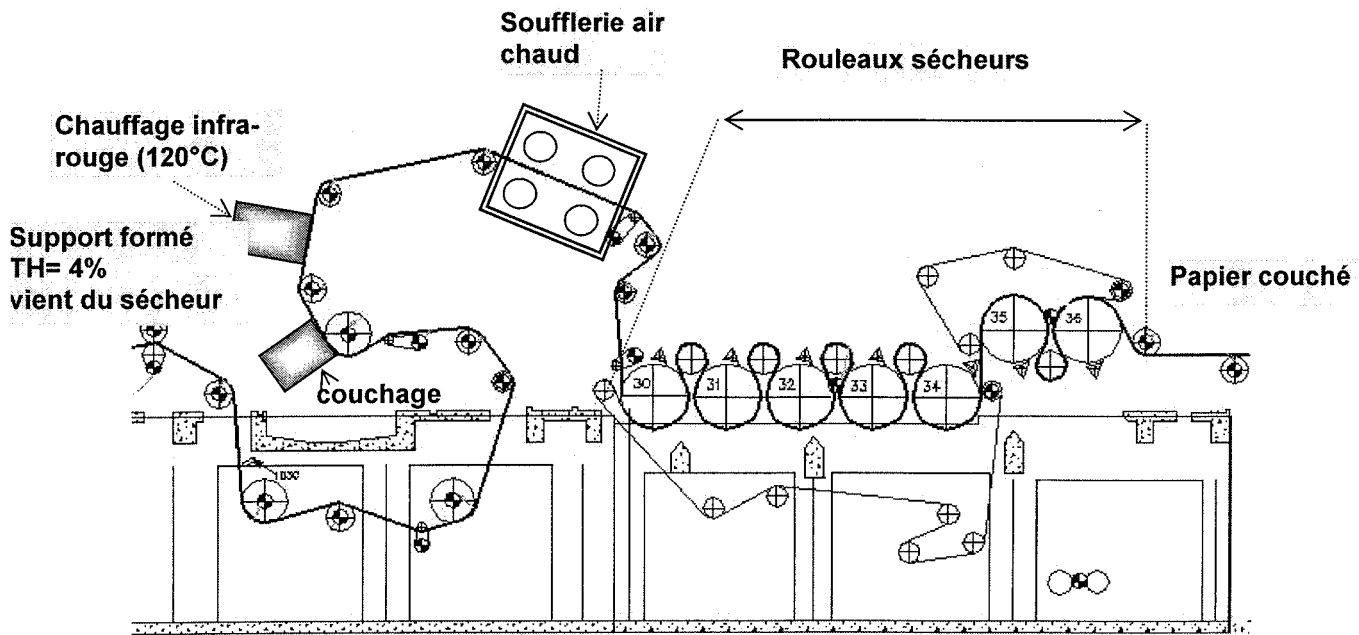


Figure 6b : système de couchage d'une face support

L'ensemble de couchage support comporte **2 machines successives** (1 pour chaque face).

La sauce est déposée en surabondance sur le support, puis éliminée par un racleur dont la position dépend de l'épaisseur et du grammage de sauce à déposer.

La face couchée du support est séchée en **3 étapes** :

- par **chauffage infrarouge à 120°C** pour figer la surface couchée
- par **soufflerie d'air chaud** pour un 1^{er} séchage grossier
- par **rouleaux sécheurs** identiques à ceux de la sécherie pour affiner le séchage.

Les contrôles sont effectués en sortie de chaque coucheuse et mesurent :

- en sortie de coucheuse face 1 , par scanner :
 - la **masse du couchage face 1**
(PC1 = masse papier couché face 1 – masse support)
 - le **taux d'humidité** (HC1 : humidité papier couché face 1)ces mesures affectent :
 - l'épaisseur de sauce de la coucheuse face 1 (consigne PC1) par la position du râcleur
 - le débit d'air chaud de la soufflerie
 - le débit vapeur des cylindres sécheurs

- en sortie de coucheuse face 2 , par scanner :
 - le **grammage** du papier couché
 - le **taux d'humidité** final avant enroulage
 - la **teinte** et la **blancheur** du papierces mesures affectent :
 - l'épaisseur de sauce de la coucheuse face 2
 - le débit d'air chaud de la soufflerie
 - le débit vapeur des cylindres sécheurs
 - le débit de colorant (teinte) en tête
 - le débit d'azurant optique (blancheur) en tête

- en sortie de coucheuse face 2 , par caméra :
 - l'état de surface du papier est filmé et enregistré en continu par une batterie de caméras disposées sur toute la largeur du papier.

En sortie de couchage, le papier couché est enroulé en bobine mère ; les bords sont coupés pour obtenir une largeur de **8,71 m**.

Pour chaque bobine mère, tous les défauts (trous , déchirures , tâches...) sont localisés et répertoriés.

Si les défauts sont sérieux (gravité du défaut fixée par le contrôle qualité) , la bobine est déroulée et les défauts éliminés.

15-Calandrage de fin (supercalandre)

La supercalandre est constituée de plusieurs ensembles « rouleaux durs / rouleaux élastiques ».

Le calandrage des bobines mères donne au papier un fini satiné et le rend brillant.

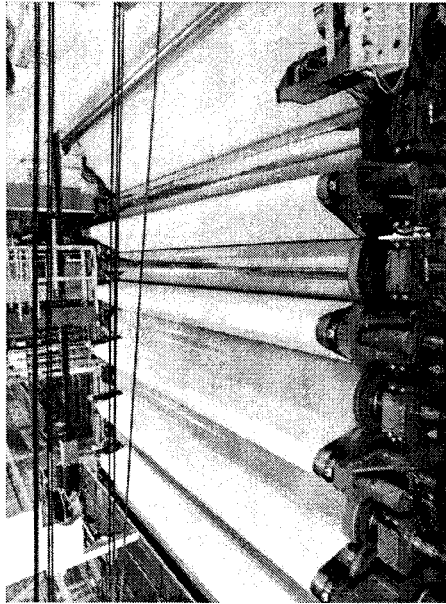


Figure 7 : supercalandre

La bobine est déroulée , passe dans la supercalandre avant d'être de nouveau enroulée en bobine mère finie ; les bords sont coupés pour obtenir une largeur de **8,60 m**.

16-Contrôle qualité

Il porte sur les critères suivants :

- le **grammage**
- l'**épaisseur**
- la **teinte (colorant)**
- la **blancheur**
- le taux de charges (à titre indicatif)
- les qualités d'impression (absorption , fixation des encres...)

La plage de réglage en production du grammage de papier couché est : **48 g/m² – 70 g/m²** pour une qualité de papier à laquelle on limitera l'étude.

Le pourcentage de sauce de couchage dépend de la qualité et du grammage du papier couché .

2 prélèvements sont réalisés en cours de fabrication :

- un échantillon non calandré
- un échantillon calandré

les bobines mères finies sont calibrées aux dimensions suivantes :

- masse **40 t**
- largeur **8,60 m**
- longueur dépendant de la qualité et du grammage du papier couché.

2-ANALYSE DE PROCÉDE

L'objectif global d'un procédé est défini par le contrôle qualité : il est caractérisé par une ou plusieurs grandeurs observables et mesurables dont la maîtrise permet d'atteindre le but recherché.

21-Démarche

211-1^{er} niveau d'analyse : répertorier les grandeurs à maîtriser et leurs grandeurs incidentes

La mise en œuvre d'une régulation de procédé commence par un inventaire exhaustif des **grandeurs à maîtriser (GM)**, aussi appelées **grandeurs réglées**.

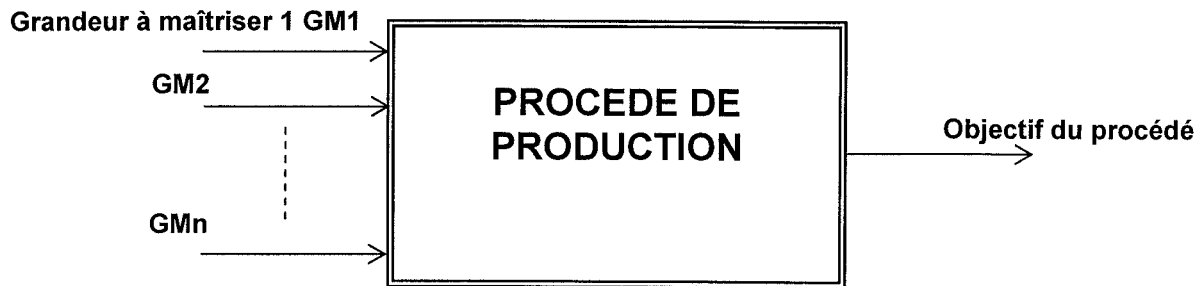


Figure 8 : schéma fonctionnel global

Pour chaque grandeur à maîtriser, on définit les **grandeurs incidentes (GI)** susceptibles de la modifier.

Remarque importante

Les grandeurs à maîtriser doivent être **observables ou mesurables** : si une grandeur à maîtriser n'est pas observable ou mesurable, toutes ses grandeurs incidentes deviennent des grandeurs à maîtriser.

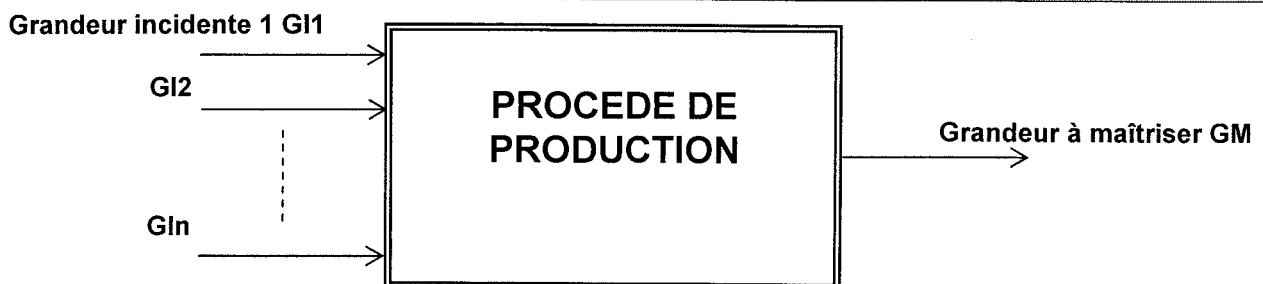


Figure 9 : schéma fonctionnel 1^{ère} analyse

NB : une grandeur à maîtriser GMx peut être incidente d'une autre grandeur à maîtriser GMy.

Lorsqu'un procédé comporte plusieurs grandeurs à maîtriser, on établit autant de schémas fonctionnels que de GM.

Hypothèse : on considère les grandeurs à maîtriser indépendantes ; le couplage éventuel est explicité en faisant apparaître les unes comme grandeurs incidentes des autres (principe de linéarité)

Exemple (cf figures 10) :

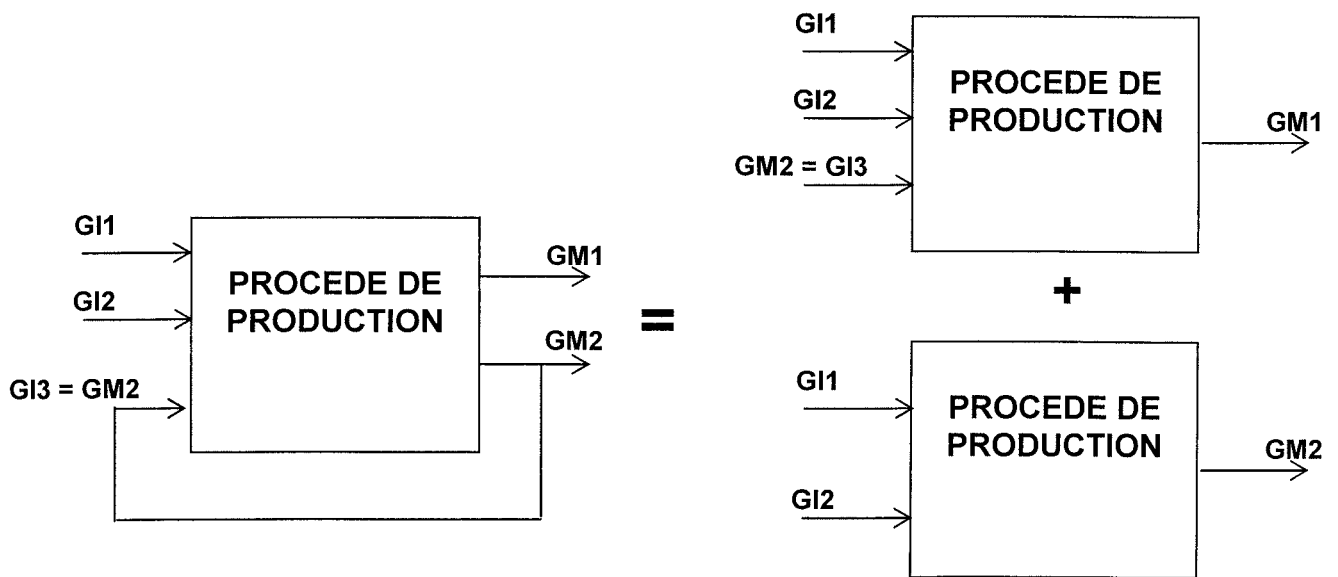


Figure 10

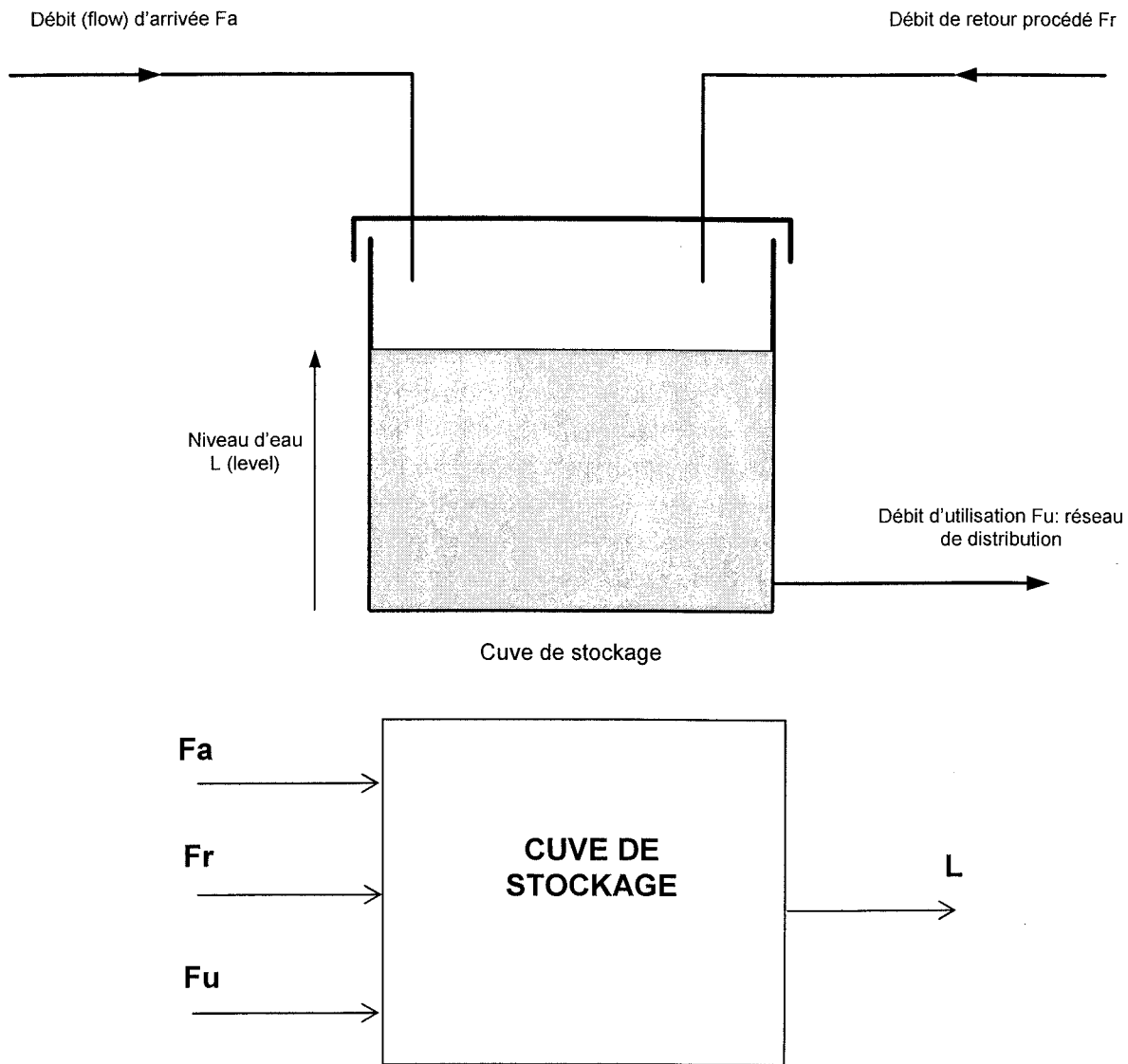
Exemple : cuve de stockage d'eau à section constante (cf figures 11)

Objectif : maintenir un volume d'eau suffisant dans la cuve pour l'utilisation

Grandeur à maîtriser : niveau d'eau dans la cuve

Grandeurs incidentes :

- débit (flow) d'alimentation F_a
- débit de retour process F_r
- débit d'utilisation F_u



Figures 11 : Procédé et schéma fonctionnel 1^{er} niveau

212-2^e niveau d'analyse : choisir la ou les grandeurs réglantes

Stratégie de régulation : la stratégie la plus simple consiste à contrôler la grandeur incidente la plus significative ; celle-ci devient la **grandeur réglante (GR)** du procédé.

Son choix dépend :

- des impératifs de sécurité
- du poids de son influence sur la grandeur à maîtriser
- de sa rapidité d'action
- de sa liberté d'action

Les autres grandeurs incidentes sont laissées libres et deviennent des **grandeurs perturbatrices (GP)** du procédé (cf figure12)

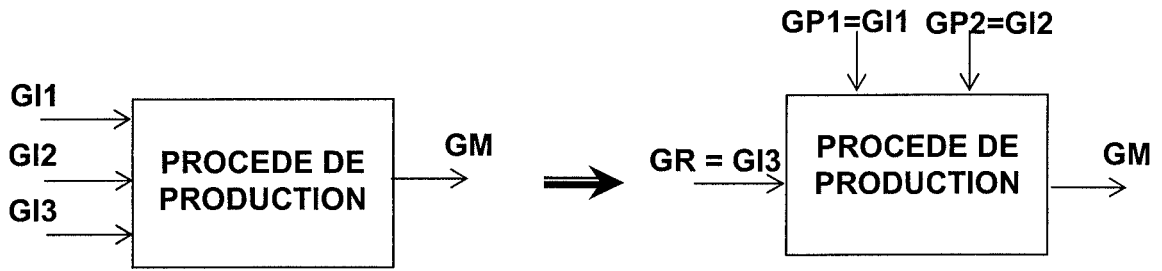


Figure 12 : dans cet exemple, la grandeur réglante choisie est GI3

Exemple du bac de stockage d'eau : la grandeur réglante choisie est le débit d'arrivée d'eau F_a car :

- le débit de retour F_r dépend des possibilités du procédé et est trop aléatoire
- le débit d'utilisation F_u dépend du besoin du procédé et ne peut être fixé.

Le schéma fonctionnel devient :

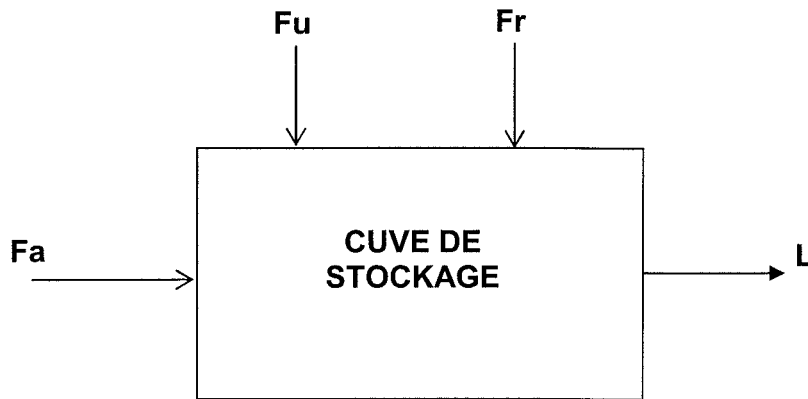


Figure 13

Le schéma fonctionnel est détaillé en indiquant les sens d'action de chaque grandeur vis à vis de la grandeur à maîtriser.

Pour cela , on utilise les symboles des sommateurs/différentiateurs.

Exemple de la cuve de stockage:

- une augmentation de F_u entraîne une diminution de L
 - une augmentation de F_a et de F_r entraîne une augmentation de L
- d'où le schéma fonctionnel détaillé donné figure 14

les termes $FT1$; $FT2$ et $FT3$ désignent les fonctions de transfert :

- $\Delta L_r = f(F_r)$
- $\Delta L_u = f(F_u)$
- $\Delta L_a = f(F_a)$

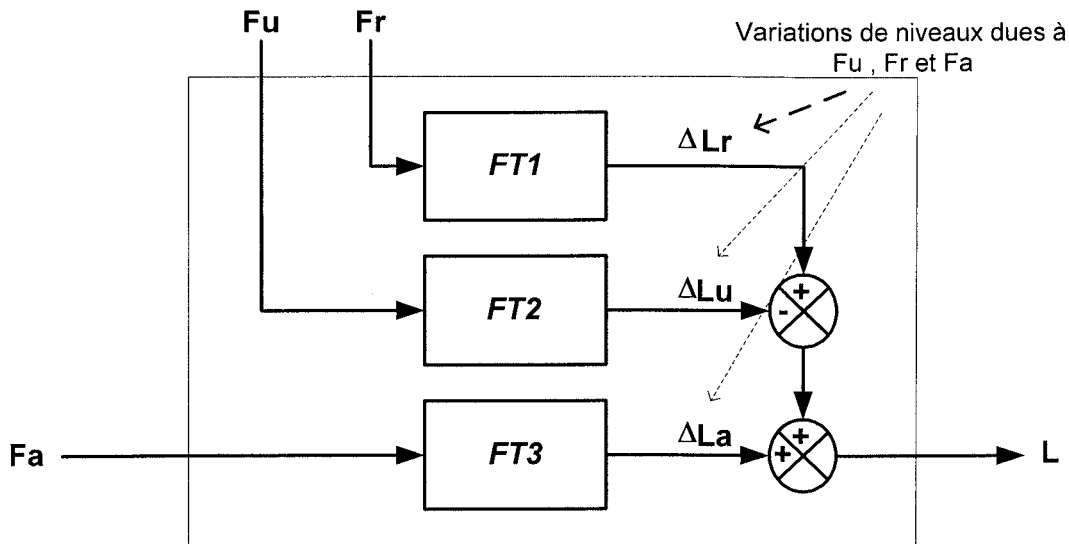


Figure 14

La grandeur réglante GR est fournie par un effecteur.
 L'effecteur est mis en énergie par un ensemble « modulateur-actionneur » caractérisé par la **grandeur de commande GC**.
 L'ensemble « modulateur-actionneur » est piloté par un **signal de commande Y**
 L'ensemble « capteur-transmetteur » génère un **signal de mesure X** image de la **grandeur à maîtriser GM** et exprimé en % de l'étendue d'échelle E du transmetteur.

Exemple de la cuve de stockage :

- le débit Fa est fixé par un ensemble moteur-pompe alimenté par un modulateur d'énergie
- la grandeur de commande GC est la vitesse de rotation de la pompe n cf figure 15

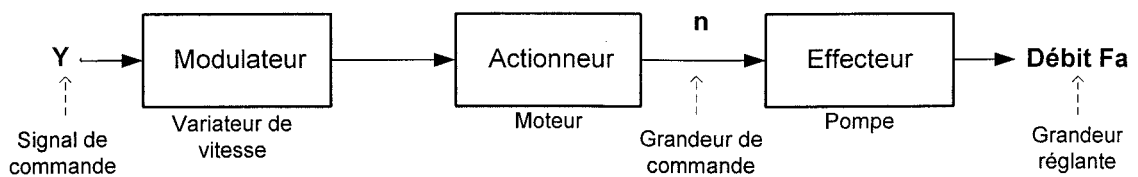


Figure 15

213-3^e niveau d'analyse

Quel que soit le procédé, la régulation « à postériori » consiste à :

- **définir un objectif de fonctionnement** grâce à une **consigne W**
- **observer la GM** à l'aide de la **mesure X**
- **détecter un écart** par rapport à un l'objectif
- **remédier à l'écart** par action sur la GR grâce au signal de **commande Y**

En boucle fermée, dans le cas de système simple boucle , le point de fonctionnement désiré est fixé par la **consigne W du régulateur** issue du **SNCC** (système numérique de contrôle commande)

Exemple de la cuve de stockage:

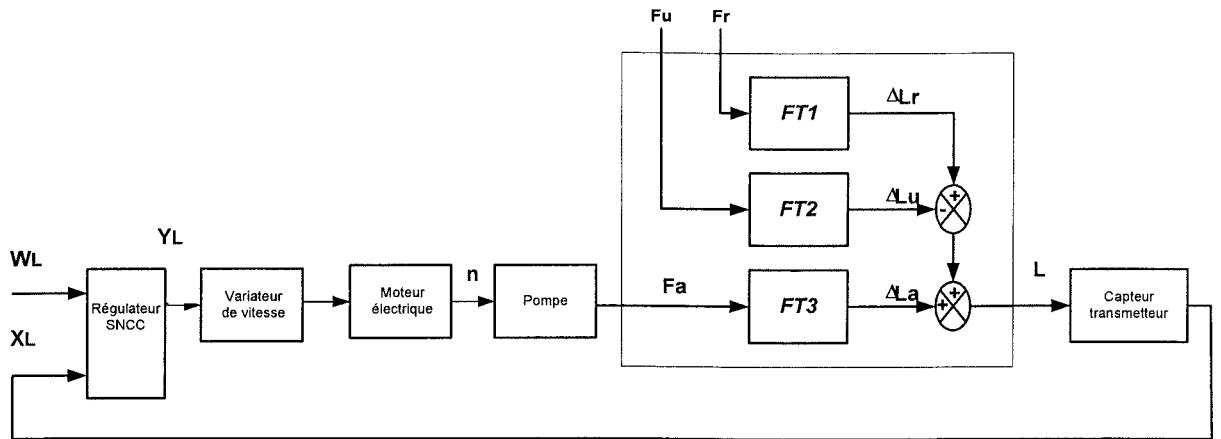


Figure 16 : schéma fonctionnel de la boucle de régulation

22- Régulation de proportion (Ratio control)

Lorsque, dans un système, une boucle de régulation a sa consigne W générée par une mesure X d'une grandeur de ce système, telle que :

$$W_B = K.X_A$$

avec K constante appelée « ratio »,
la régulation est dite « de rapport » ou « ratio control »
Elle est utilisée dans les systèmes mélangeurs de produits.

Exemple : mélange de 2 produits A et B

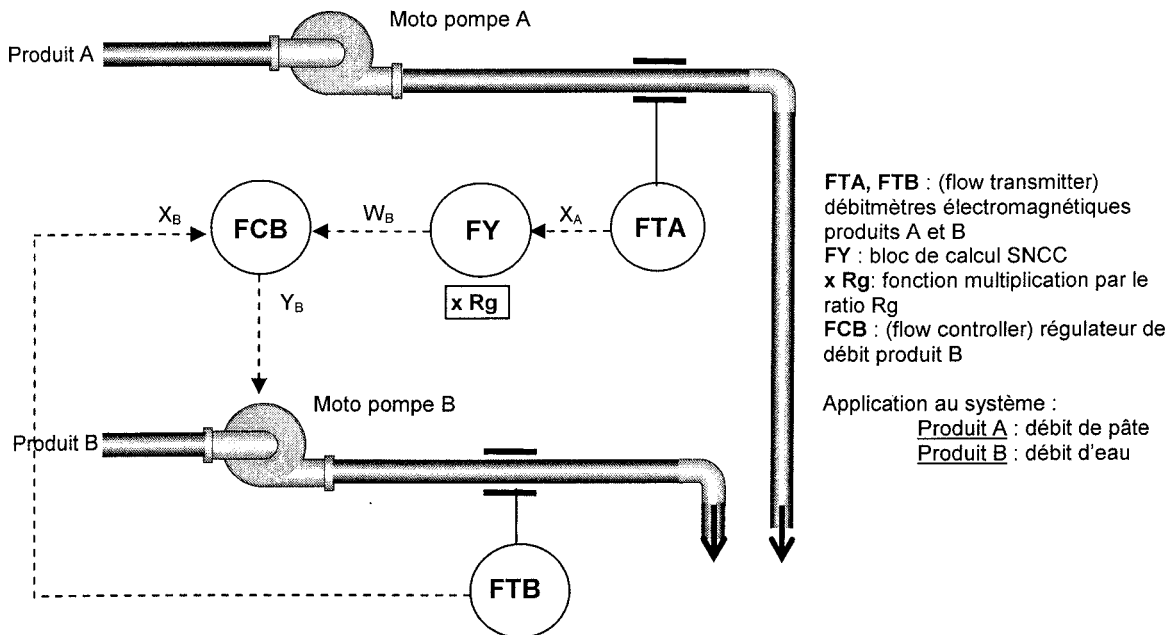
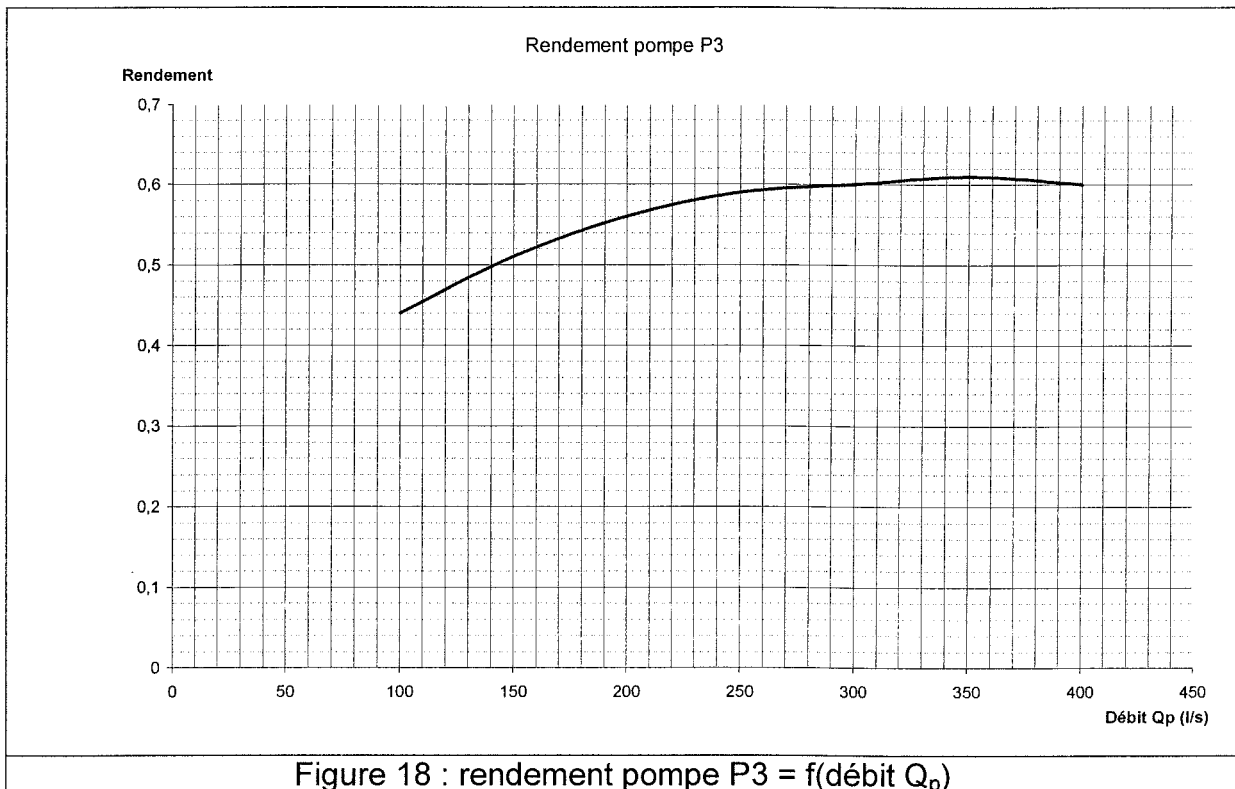


Figure 17 : schéma TI du système de mélange, la consigne de débit du produit B est générée par la mesure de débit du produit A

3- CARACTERISTIQUES POMPE P3 (débit pâte)

31- Rendement en fonction du débit



32- Hauteur manométrique

Le différentiel de pression créé par la pompe s'exprime en mCE (mètre de colonne d'eau) ; la correspondance avec les autres unités de pression est la suivante :

Pression en bar	1 bar
Pression en P (Pascal)	100 000 Pa = 1000 hPa (hecto Pascal)
Pression en mCE	10 mCE

Rappel : la puissance hydraulique P_H en W fournie par une pompe centrifuge s'écrit :

$P_H = \rho \cdot g \cdot h \cdot Q$ avec

- ρ : masse volumique de liquide en kg/m³
- g : 9,81 m/s²
- h : hauteur manométrique en mCE (pression créée par la pompe)
- Q : débit de la pompe en m³/s

33- Caractéristiques techniques de la moto-pompe

- Moteur de pompe :
 - Tension d'alimentation : **230/400V 50Hz**
 - Courant nominal : **285/164A**
 - Puissance nominale : **98 kW**
 - Vitesse nominale : **988 trs/min**
- Modulateur (variateur de vitesse) :
 - Commande : **0-100%**
 - Fréquence de synchronisme : **10-50 Hz**
 - Vitesse de synchronisme moteur : **200-1000 trs/min**

- Pompe :
 - Type : **centrifuge**
 - Augmentation de pression interne à vitesse nominale: $\Delta P = 16 \text{ mCE}$
 - Débit nominal : **350 l/s**

34- Influence de la vitesse de rotation de la pompe sur ses caractéristiques hydrauliques

<p>Les pompes centrifuges vérifient des lois qui, à partir d'une courbe caractéristique établie pour une vitesse de rotation N de la roue de la pompe, permettent d'obtenir la caractéristique pour une vitesse de rotation N' quelconque.</p> <p>Connaissant pour une vitesse n, le débit Q_{VN}, la hauteur manométrique totale H_{tN} et la puissance hydraulique absorbée par une pompe P_N, on peut déterminer les valeurs de $Q_{VN'}$, $H_{tN'}$ et $P_{N'}$ pour la vitesse N'</p>	$Q_{VN'} = Q_{VN} \cdot \frac{N'}{N}$ $H_{tN'} = H_{tN} \cdot \left(\frac{N'}{N}\right)^2$ $P_{N'} = P_N \cdot \left(\frac{N'}{N}\right)^3$
--	---

4-CORRESPONDANCE « GRAMMAGE PAPIER / GRAMMAGE SUPPORT »

Grammage papier couché	48	51	54	57	60	65	70
Grammage support	30,4	32,1	34	35,5	37,4	40,3	44,2

Figure 19

5-COMMUNICATION : ARCHITECTURE DES RESEAUX (cf figure 20)

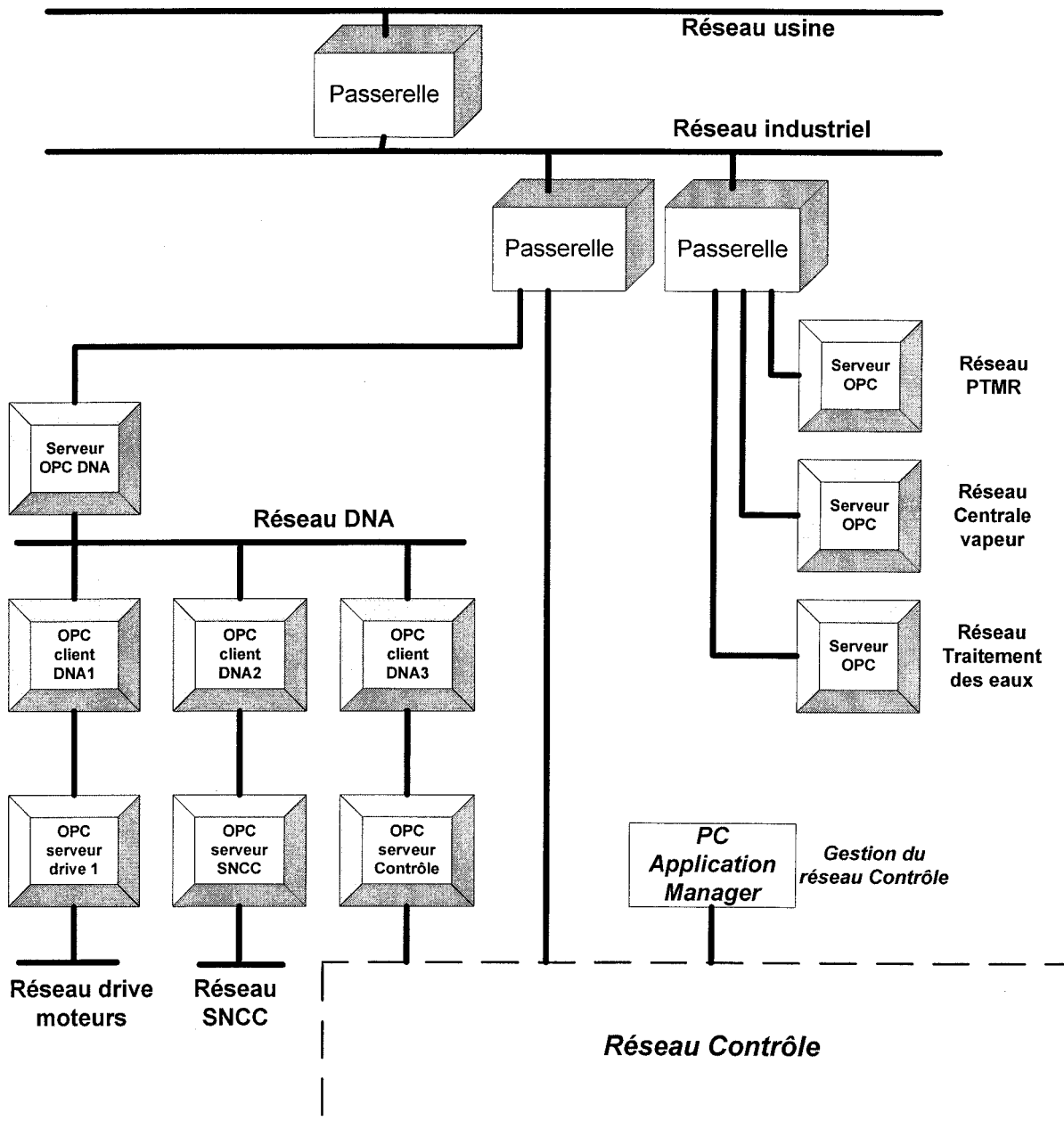


Figure 20

Caractéristiques

- Chaque système (PTMR, Centrale vapeur, drive moteurs, Contrôle) a son propre réseau par mesure de sécurité.
- Les scanners font partie du **réseau Contrôle** : ce réseau est chargé du transfert des données de contrôle et de régulation du procédé de fabrication papier (consignes , mesures , états des appareils , défauts).
- Le réseau est de type Ethernet, OPC serveur+client
- La communication entre réseaux s'effectue via un serveur OPC. Chaque serveur OPC n'est en aucun cas routeur.
- La vitesse de transmission entre les différents systèmes est de 100 Mbits/s
- Le **réseau Contrôle** est inaccessible de l'extérieur.

- Les protocoles de communications sont TCP-IP. Le **réseau Contrôle** est de classe C.
- Le **réseau Contrôle** comprend 4 locaux techniques :

*Local n°1

- 1 baie de brassage recevant le coupleur de communication
- 1 connexion passerelle vers réseau industriel
- 1 connexion système de contrôle appelé « station opérateur n°1 »
- 1 connexion système de contrôle appelé « station opérateur n°2 »

*Local n°2

- 1 baie de brassage recevant le coupleur de communication
- 1 connexion système de production appelé Procoat n°1
- 1 connexion système de production appelé Procoat n°2

Les Procoats sont des systèmes numériques chargés de contrôler le poids de couche de sauce déposée sur le support papier. Ils agissent en actionnant les vis de couchage.

*Local n°3

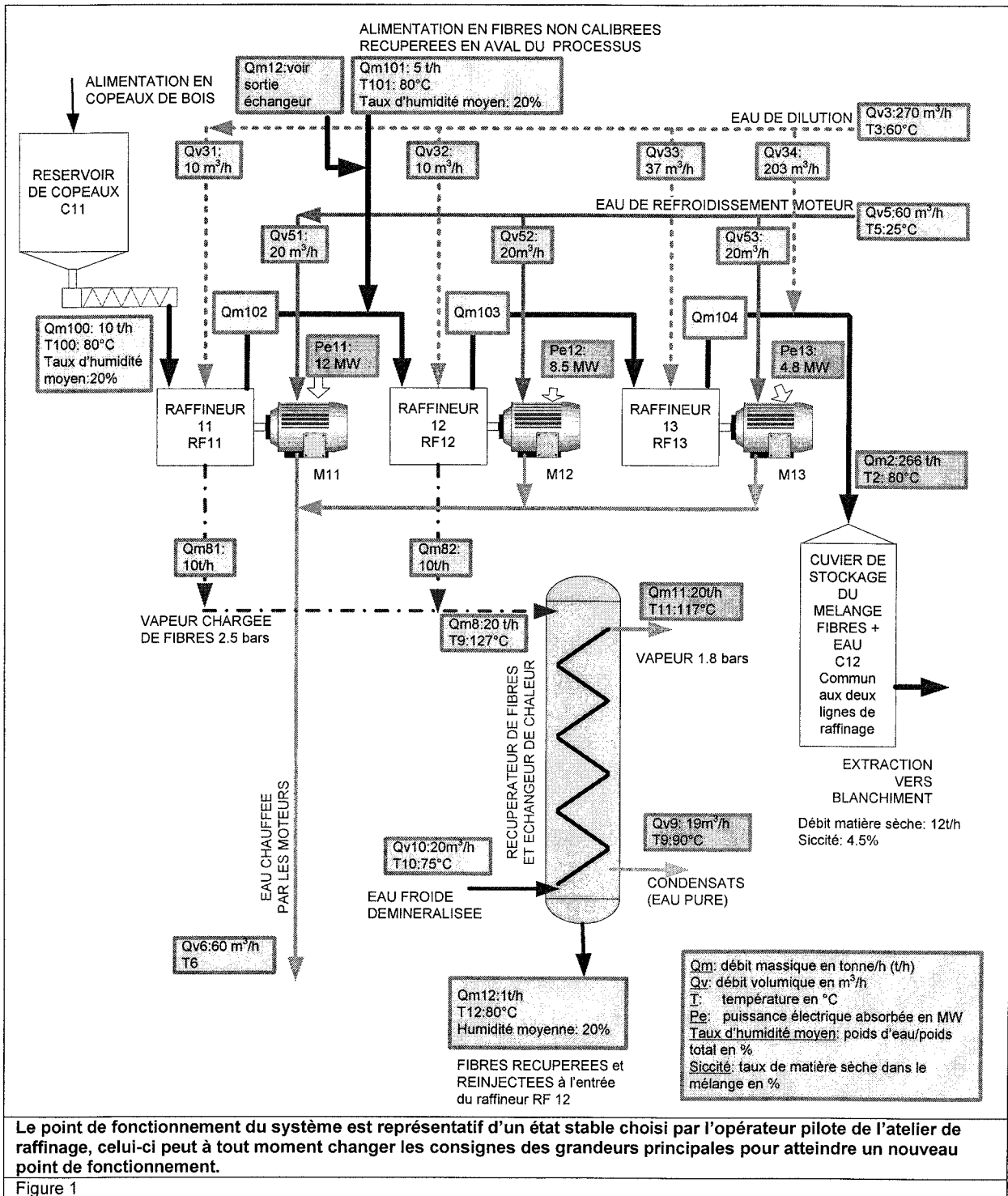
- 1 baie de brassage recevant le coupleur de communication
- 1 connexion PC contrôles bobines
- 1 connexion PC appelé « Intellimap » gérant l'optimisation des contrôles de profil papier
- 1 connexion serveur OPC Contrôle qui gère en particulier le transfert des mesures des scanners vers le SNCC via le réseau DNA.

*Local n°4

- 1 baie de brassage recevant le coupleur de communication
 - 1 connexion système de contrôle appelé « station opérateur n°3 »
 - 1 connexion système de contrôle appelé « station opérateur n°4 »
- Toutes les connexions dans un même local technique sont de type « **RJ45** ».
 - La distance entre les locaux techniques implique des longueurs de raccordement supérieures à **100m**.
 - Les scanners sont reliés via des analyseurs de signaux appelés SSP au PC « Application manager » par liaisons série **RS485**

Dossier technique DTB: la fabrication des pâtes thermo-mécaniques : l'atelier de raffinage

Schéma fonctionnel d'une ligne de raffinage de l'atelier PTMR



Description du procédé

La matière traitée est constituée de copeaux de bois humides calibrés stockés dans un silo que l'on suppose toujours alimenté.

L'installation est constituée de deux lignes de production parallèles de trois raffineurs.

Les copeaux passent successivement dans les trois raffineurs afin d'être broyés finement pour produire des fibres de bois de longueur moyenne 2 mm et de largeur moyenne 50 μm .

Un raffineur est constitué de deux meules métalliques de profil adapté qui tournent en sens inverse : les copeaux passent entre ces deux meules très proches l'une de l'autre.

Simultanément, on injecte de l'eau ; l'échauffement dû au frottement, considérable, chauffe cette eau jusqu'à la transformer en vapeur, ce qui favorise l'éclatement des copeaux (par cuisson à la vapeur).

L'espace entre les meules est réglé pour calibrer la taille des fibres sortantes.

Les fibres deviennent de plus en plus fines en passant dans les trois raffineurs.

Ces raffineurs doivent fonctionner à vitesse constante.

Quand les moteurs démarrent, les raffineurs sont vides et les meules sont écartées.

En fin de processus, on injecte de l'eau de dilution pour garantir une siccité du mélange stocké à 4,5%.

Les grandeurs physiques principales à contrôler sont

- la dimension des fibres
- la siccité de la solution produite
- le niveau minimum du cuvier de stockage final
- le débit matière.

Rappels de physique

L'enthalpie

C'est l'énergie H que possède un corps à une température T , elle s'exprime en Joules

$H = m.c.T$ avec

- m : masse considérée en kg
- c : chaleur massique de la matière considéré en J/kg/K
- T : sa température en K.

On définit l'enthalpie relative H_r en partant de 0°C : la formule est identique mais la température est en $^\circ\text{C}$.

Toute variation d'enthalpie fournit ou prélève une énergie W au milieu ambiant:

$W = m.C (T_2 - T_1)$

- $W > 0$: l'énergie est prélevée
- $W < 0$; l'énergie est fournie.

L'enthalpie de vaporisation (ou chaleur latente de vaporisation) est l'énergie qu'il faut fournir à un corps porté à sa température de fusion pour qu'il se vaporise (la transformation se faisant à température constante).

L'enthalpie massique totale est l'énergie qu'il faut fournir à un corps de température initiale 0°C pour le vaporiser

Conservation d'énergie et de matière

Dans un système isolé, il y a conservation de la matière et de l'énergie.

Grandeurs physiques nécessaires :

C_e : chaleur massique de l'eau : 4180 J/kg/ $^\circ\text{C}$ soit 1,161 kWh / t / $^\circ\text{C}$

C_b : chaleur massique du bois : 1,76 kJ/kg/ $^\circ\text{C}$

Enthalpie massique totale de la vapeur d'eau à 1,8 bars : 2702 kJ/kg

ρ : masse volumique de l'eau : 1 t/m³

Tarification EDF

Le tarif en vigueur est le tarif vert HTA (> 250kW) C de base

On compte en mode très longue utilisation (TLU), 8 périodes tarifaires .

Pour simplifier les calculs, on ne considérera que les heures creuses et pleines d'hiver et d'été, l'abonnement n'étant pas ici pris en compte.

<i>Prix de l'énergie en centimes d'€ / kWh</i>			
<i>HIVER :</i> <i>de Novembre à Mars</i>		<i>ETE :</i> <i>de Avril à Octobre inclus</i>	
<i>HPH</i>	<i>HCH</i>	<i>HPE</i>	<i>HCE</i>
<i>heures</i> <i>pleines hiver</i>	<i>heures</i> <i>creuses hiver</i>	<i>heures</i> <i>pleines été</i>	<i>heures</i> <i>creuses été</i>
5,044	3,813	2,830	1,504

Coût de production de la vapeur d'eau

En janvier 2009, la production de vapeur à 1,8 bars par les chaudières de la papeterie revient à 30 € la tonne.

Caractéristiques des moteurs synchrones des raffineurs:

moteur	M11	M12	M13
	ABB GBA 1000 LA	ABB GBA 1000 LA	ABB
Puissance nominale	17 MW	17 MW	6 MW
Tension nominale	10500 V	10500 V	10500 V
Intensité nominale	1077 A	1077 A	344 A
couplage	étoile	étoile	étoile
Vitesse de rotation	1500 tr/min	1500 tr/min	1500 tr/min
Tension d'excitation	120V	120V	83V
Intensité nominale d'excitation	17,6A	17,6A	6,6 A
Cos φ	0,95	0,95	0,95
Rendement supposé constant	0,9	0,9	0,9
masse	30800 kg	30800 kg	13200 kg
Nbre de démarrage	2 maximum / 24h		
	IP54		
Année de fabrication	1980		
Système de refroidissement	Refroidis à l'eau		

Dossier technique DTC : les bobineuses

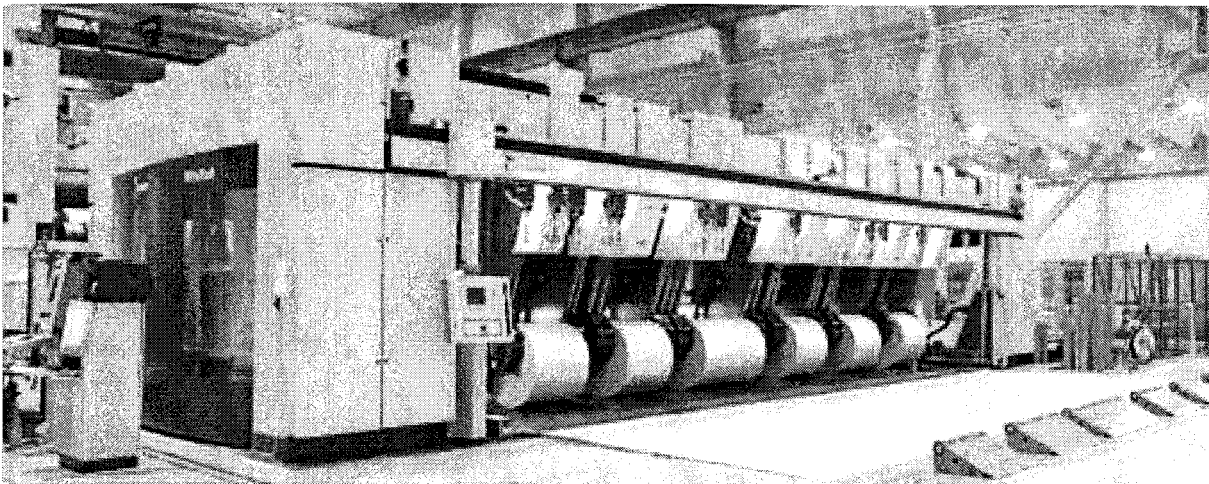
Les bobines mères produites par la machine à papier ne sont pas destinées à la vente directe.

Suivant la demande des clients, le papier doit être conditionné en bobines de largeur et de longueur adaptées à l'imprimerie qui l'utilise.

Cette opération est réalisée par deux bobineuses situées en bout de chaîne de production. Un programme de gestion informatisée détermine la configuration de la bobineuse en fonction des demandes des clients et des caractéristiques de la bobine mère, afin d'aboutir au moins de déchets possible.

Le reste de papier est recyclé au même titre que les « casses papier »

Exemple de bobineuse :



Ces bobineuses sont capables, à partir d'une bobine mère, de produire un maximum de 11 bobines filles : 6 côté extérieur et 5 côté intérieur (non visibles).

Chaque bobine fille est réalisée sur un mandrin support en carton épais maintenu par deux bras articulés.

12 couteaux à lames circulaires assurent la coupe en continu.

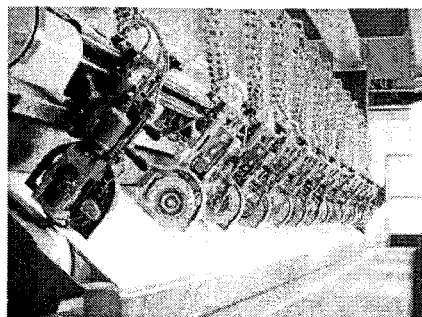
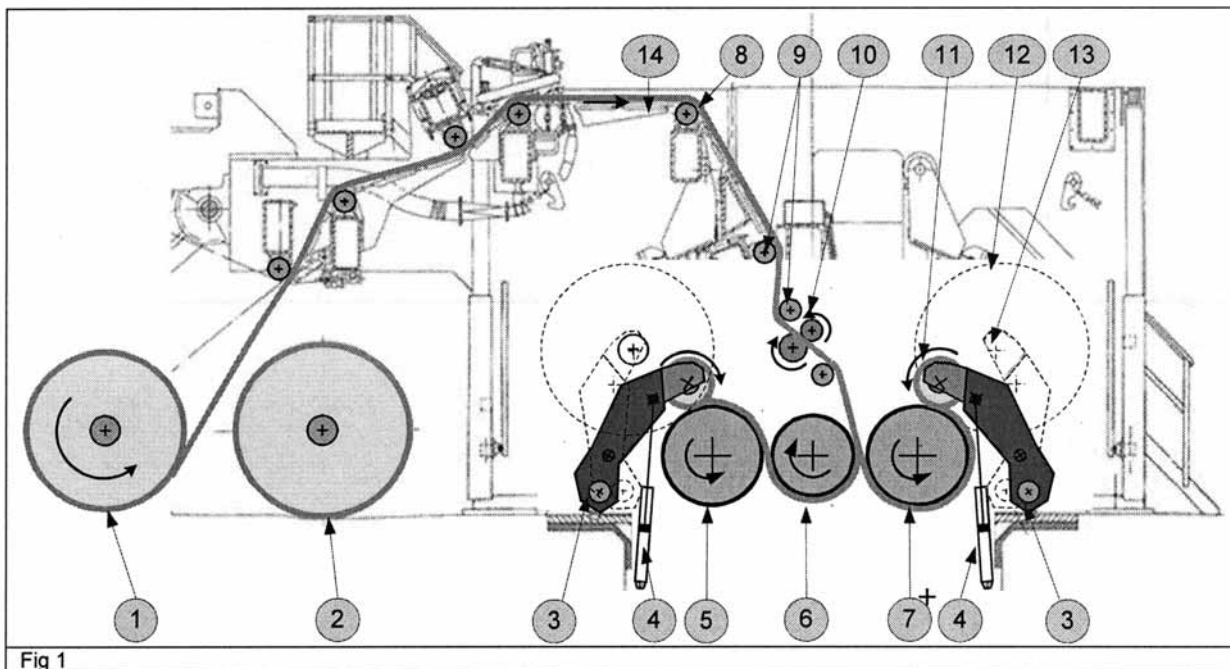


Schéma fonctionnel de la bobineuse



Nomenclature

rep			
1	désignation	Dérouleuse : Bobine mère en cours de déroulage	
	fonction	La dérouleuse crée un couple résistant pour tendre la feuille de papier, c'est elle qui régule la tension de feuille de papier	
	motorisation	M1	Moteur courant continu 380kW, 281 tr/min
	capteur		Codeur 1000 pts/tour
2	désignation	Bobine mère en attente	
3	désignation	Bras articulés support des bobines filles	
	principe	22 bras articulés pour supporter au maximum 11 bobines : 6 du côté extérieur et 5 côté intérieur un poste d'enroulage comprend 2 bras	
	motorisation	V	Vérin hydraulique (hors étude)
	capteur		Codeur 2048 pts/tour
4	désignation	Vérin hydraulique d'appui de la bobine fille sur le rouleau d'appui	
	fonction	Un vérin par bras : ces vérins assurent un contact entre la bobine fille et le rouleau 5 (ou 7) sous une forte pression pour garantir un enroulement serré du papier	
	énergie	hydraulique	
5	désignation	Rouleau d'appui intérieur	
	fonction	Il empêche le papier de se déformer et assure un enroulement correct du papier sur la bobine fille	
6	désignation	Rouleau d'appui central	
	fonction	C'est lui qui pilote l'installation en fixant la vitesse de défilement	
7	désignation	Rouleau d'appui extérieur	
	fonction	même fonction que le rouleau 5	

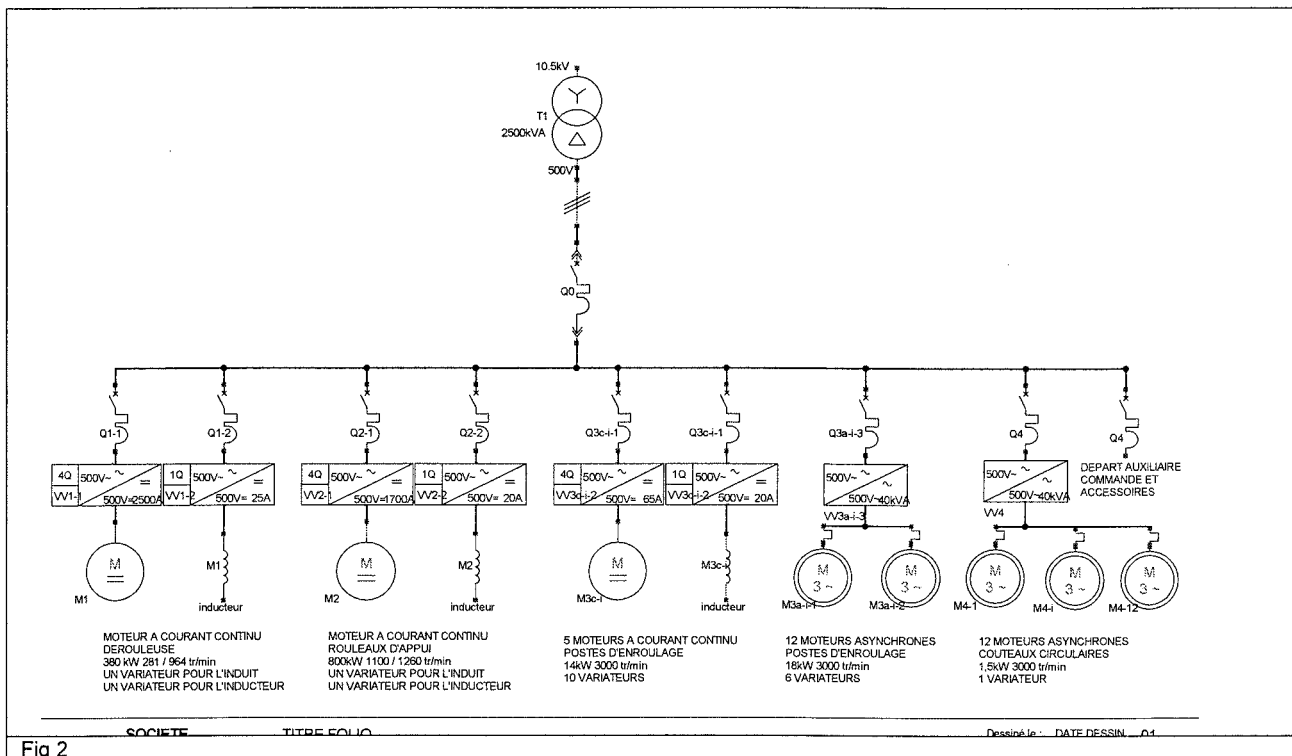
	motorisation	M2	Les 3 rouleaux d'appui sont entraînés via un réducteur de vitesse à 1 entrée et 3 sorties par un seul moteur à courant continu 800kW, 1100 tr/min
	capteur		Codeur 1000 pts/tour
8	désignation		Rouleau de mesure de la tension de feuille
	fonction		Les paliers supports de ce rouleau sont installés sur des pesons (équipés de jauges de contraintes) et permettent la mesure de la tension feuille
	motorisation		Entraîné par le papier
	capteur		Signal 4 à 20 mA pour une tension de feuille de 0 à 4300 N
9	désignation		Rouleaux auxiliaires de guidage
	fonction		Ils assurent le guidage correct du papier
	motorisation		Entraînés par le papier
10	désignation		Couteaux circulaires
	constitution		Chaque couteau est constitué d'une lame circulaire motorisée d'une contre lame entraînée en rotation inverse par friction
	motorisation	M4	Un moteur asynchrone 1,5 kW 3000 tr/min par couteau soit 12 moteurs identiques
	capteur		Aucun capteur de rotation
11	désignation		Bobines filles en cours de réalisation (enroulage)
	motorisation	M3c M3a	Un moteur par poste d'enroulage : 5 postes sont motorisés en MCC : 1x 14kW 3000 tr/min 6 postes sont motorisés en MAS : 2x 18kW 3000 tr/min
	capteur		Codeur 2048 pts/tour
12	désignation		Bobines filles finies
13	désignation		Position des bras articulés en fin d'enroulage
14	désignation		Bande de papier
	caractéristiques		Vitesse de défilement actuelle: 1500 m /min Tension maximale de feuille : 4300 N
Tableau 1			

Caractéristiques des moteurs et des variateurs de vitesse

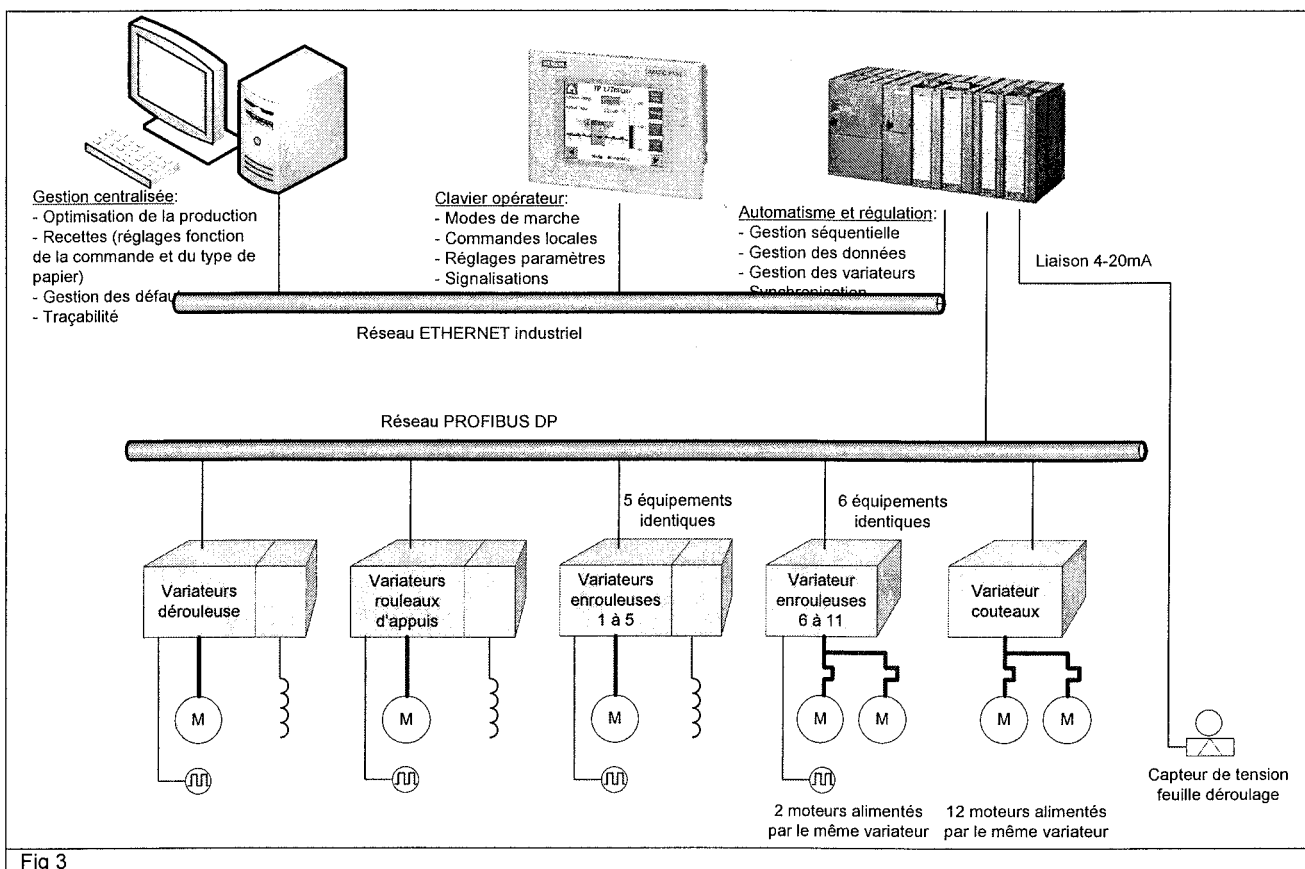
repère	nombre	Désignation	Diamètre cylindre en mm		Coefficient du réducteur de vitesse Kr	Type de moteur	Vitesse nominale en tr/min	Puissance nominale kW	U _n V	I _n A	Variateur de vitesse type	U _n V	I _n A
			min	maxi									
M1	1	Dérouleuse	834	2675	1	MCC	281 Survitesse autorisée par dés-excitation: 3,4 Nn	380	Induit :				
									426	930	Pont à thyristors 4Q	500	2500
									Inducteur :				
								260/45	21/3,6	Pont à thyristors 1Q	500V	25	
M3c	5x1	Poste d'enroulage MCC	834	2675	1	MCC	3000	14	Induit :				
									460	35	Pont à thyristors 1Q	500	65
									Inducteur :				
								310	0,76	Pont à thyristors 1Q	500	20	
M3a	6x2	Poste d'enroulage MAS	834	2675	1	MAS	3000	18	500		1 variateur alternatif 40kVA alimente les 2 moteurs en //	500	
M2	1	Rouleaux d'appui	700 pour le rouleau central 850 pour les deux autres		0,904 1,098	MCC	1100 Survitesse autorisée par dés-excitation: 1,5 Nn	800	Induit :				
									600	1404	Pont à thyristors 4Q	500	1700
									Inducteur :				
								260/185	14,7/10,5	Pont à thyristors 1Q	500	20	
M4	12	Couteaux			1	MAS	3000	1,5	500		1 variateur alternatif 40kVA alimente les 12 moteurs en //	500	

Tableau 2

Le schéma électrique du circuit de puissance d'une enrouleuse



L'architecture de communication



Grafctet de macrodescription de la bobineuse

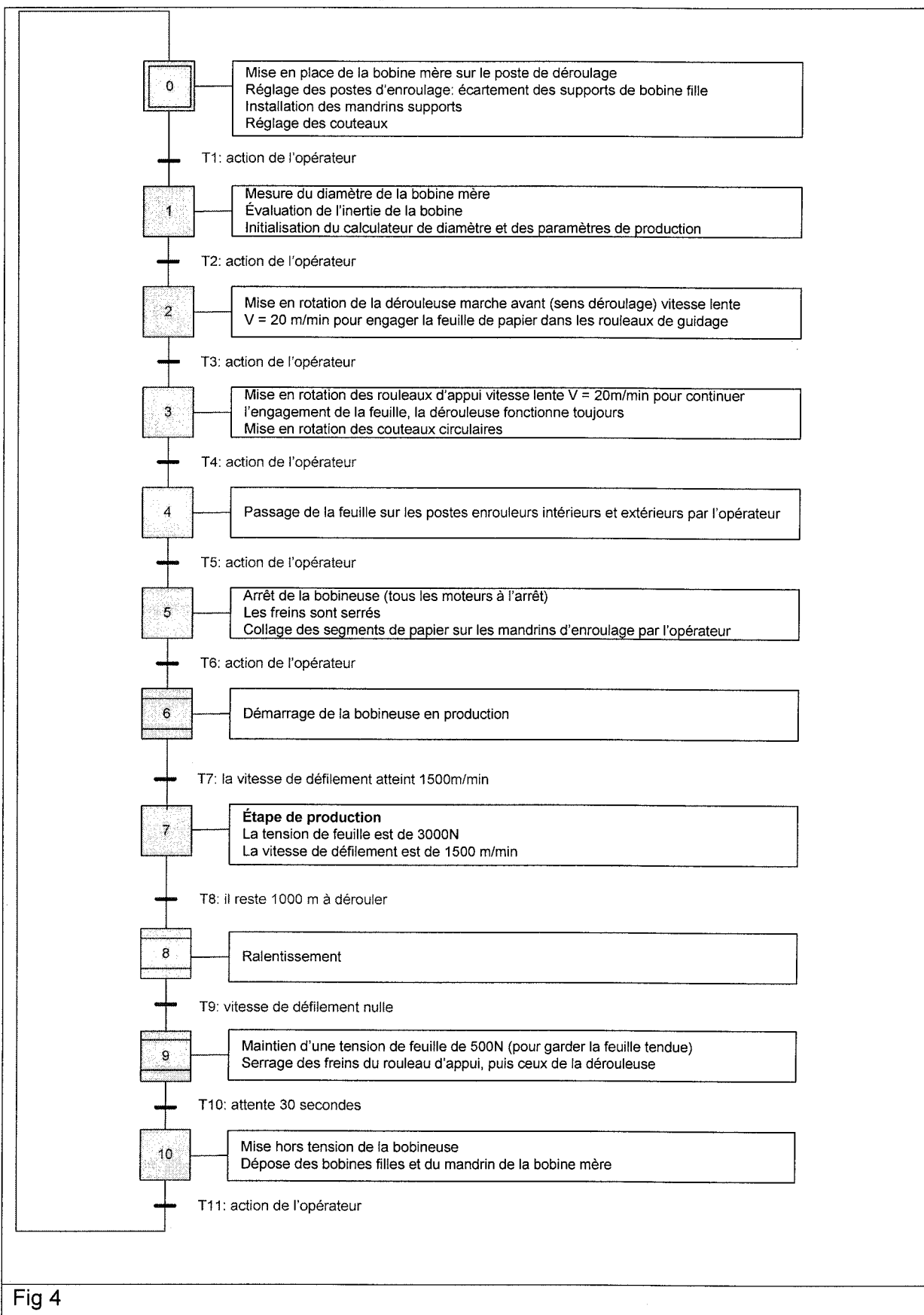


Fig 4

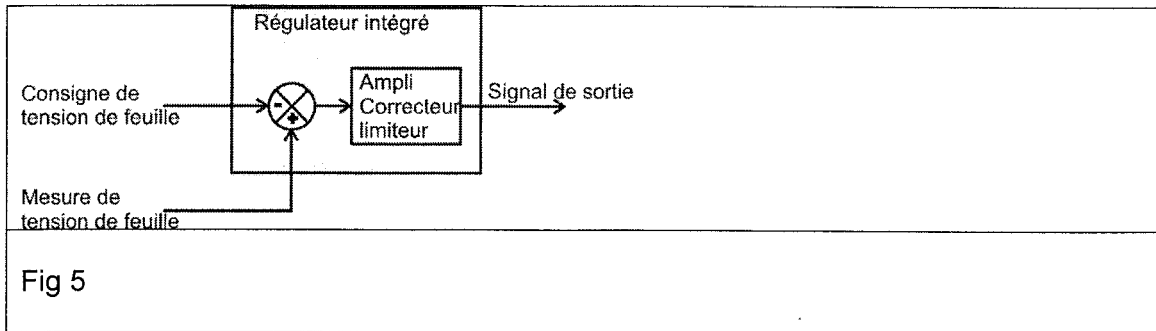
La régulation de vitesse de la bobineuse :

L'étude se limite au pilotage des moteurs électriques.

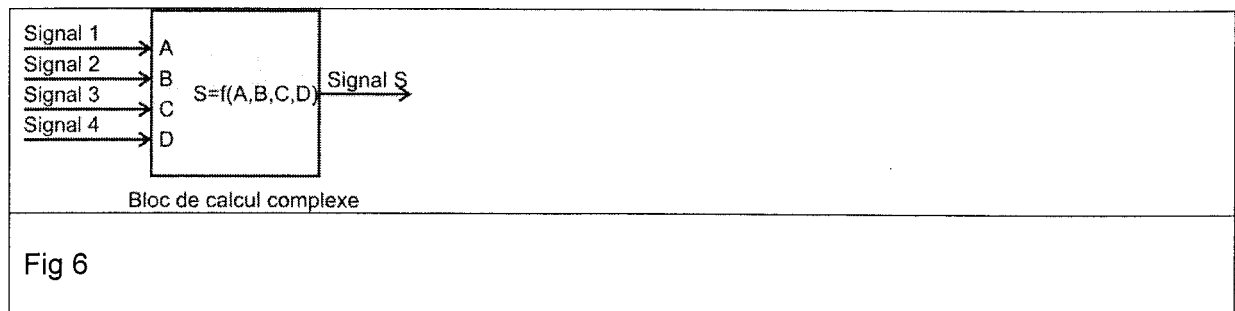
Les fonctionnalités de l' automate programmable :

il gère l'ensemble des variateurs et des vérins

- il élabore une loi de variation de vitesse de défilement
- il régule la tension de feuille côté dérouleuse pendant les étapes de production grâce à un régulateur intégré



- il fournit les consignes pour chacun des variateurs
- il définit le mode de fonctionnement de chacun des variateurs
- il commande les freins des moteurs
- il fait toutes les opérations mathématiques sur grandeurs numériques grâce à des blocs de calcul complexe afin d'élaborer des grandeurs physiques nécessaires au pilotage des variateurs



Les fonctionnalités des variateurs de vitesse

Ils sont contrôlés par une régulation de type cascade :

- Une boucle principale de régulation de vitesse fournit une consigne de couple à une boucle de régulation d'intensité (avec limitation à la valeur I_n), c'est cette boucle d'intensité qui pilote le modulateur d'énergie
- une troisième boucle assure la régulation de flux dans le moteur (non étudiée)

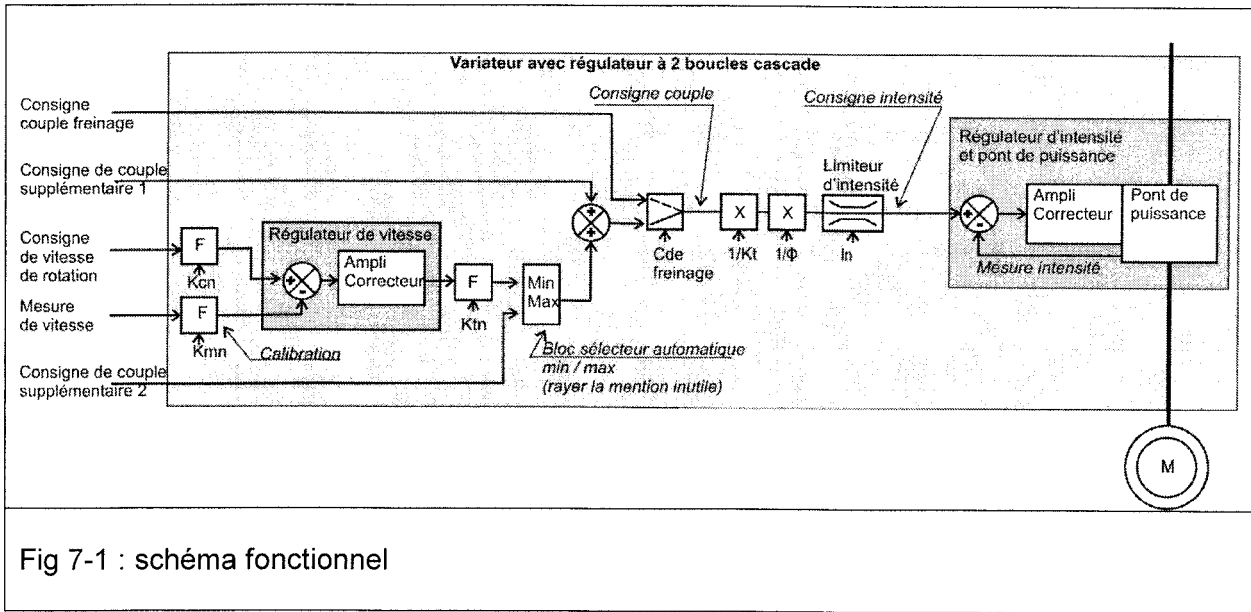


Fig 7-1 : schéma fonctionnel

Régulateur d'intensité et pont de puissance	Régulateur à action PI Pont de puissance et son générateur d'impulsions Mesure du courant par sonde à effet Hall Cette partie n'est pas étudiée
Régulateur de vitesse	Régulateur à action PI Les signaux sont normalisés : $-10000 < N < +10000$
F	Bloc de calibration (mise à l'échelle) Il transforme un signal exprimé en grandeur physique en signal normalisé ou un signal normalisé en grandeur physique Exemples : <ul style="list-style-type: none"> - consigne de vitesse maximale de 300 rad/s représente 10000 points de consigne : d'où un facteur d'échelle de $10000/300 = 33,33$ - Signal de sortie maxi du régulateur de vitesse : 10000 points correspond à une demande de couple de 2000N : d'où un facteur d'échelle de $2000/10000=0,20$
X	Facteur multiplicateur : affecte la grandeur physique d'un coefficient : il permet de transformer la grandeur physique en une autre grandeur physique suivant une loi définie
Limiteur d'intensité	Le signal de sortie est égal au signal d'entrée si celui-ci est inférieur (en valeur absolue) au signal de limitation, sinon, il est égal au signal de limitation, grandeur exprimée en A réglée le plus souvent à I_n
Commande de freinage	Bloc de commutation de signal réagissant à une commande TOR de freinage issue de l'API
Consigne d'intensité	Grandeur physique de consigne du régulateur d'intensité : elle s'exprime en A
Consigne de couple	Grandeur physique de consigne de couple élaboré à partir des blocs fonctionnels et des entrées de consignes diverses, elle s'exprime en Nm

Consigne de vitesse de rotation	C'est une grandeur physique fournie au régulateur par l'API exprimée en rad/s : c'est la vitesse de rotation souhaitée du moteur
Mesure de vitesse	C'est une grandeur physique exprimée en nombre d'impulsions par seconde issue du codeur incrémental fixé sur le moteur
Consigne supplémentaire 1	Grandeur physique exprimée en Nm issue de l'API qui intervient dans le calcul de la consigne de couple, elle s'exprime en Nm
Consigne supplémentaire 2	Grandeur physique exprimée en Nm issue de l'API qui intervient dans le calcul de la consigne de couple, elle s'exprime en Nm
Sélecteur MIN/MAX	Bloc fonctionnel qui recopie sur sa sortie le plus petit des deux signaux d'entrée (en valeur algébrique) si on le configure en MIN ou le plus grand si on le configure en MAX
Consigne de couple de freinage	Grandeur physique exprimée en Nm issue de l'API qui détermine le couple avec lequel le moteur freinera

Fig 7-2: légende

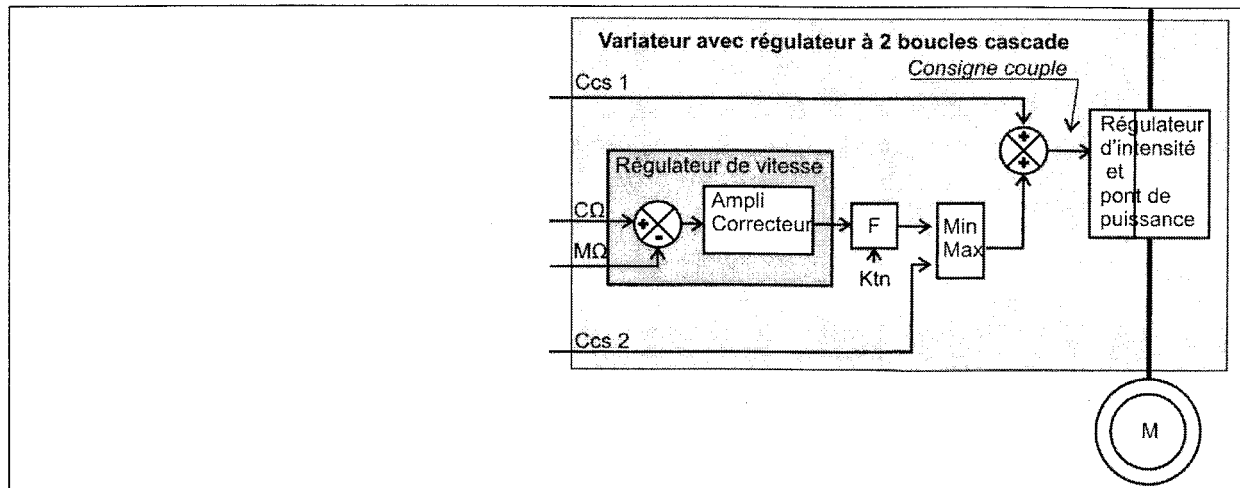


Fig 8 : schéma fonctionnel simplifié

Sur ce schéma, on suppose que le variateur est calibré (facteur d'échelle), les grandeurs d'entrées sont donc des grandeurs physiques réelles

Enregistrement des courbes lors d'un démarrage:

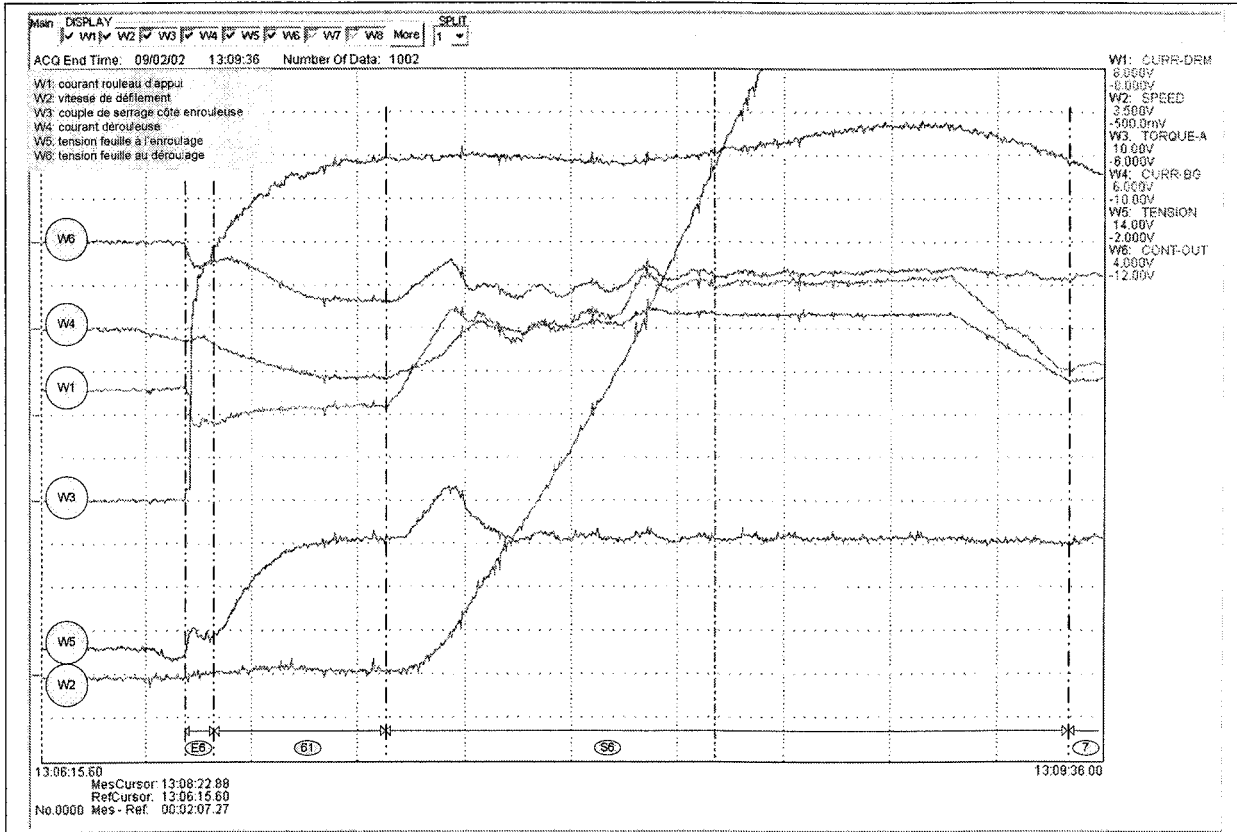


Fig 9 :

Rappels de mécanique : moment d'inertie

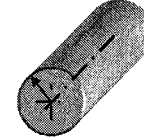
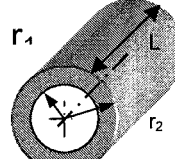
<p>pour un cylindre plein de masse M</p>  $J = \frac{M \cdot r^2}{2}$ <p>M en kg r en m J en m.kg²</p>	<p>pour un cylindre creux de masse M</p>  $J = \frac{M \cdot (r_2^2 + r_1^2)}{2}$ <p>Si le cylindre a une masse volumique ρ et une longueur L</p> $J = \frac{\rho \cdot \pi \cdot L \cdot (r_2^4 - r_1^4)}{2}$
<p>Pour deux cylindres sur le même axe : $J = J_1 + J_2$</p>	

Fig 10

Données du problème

Caractéristiques de la bobine mère :

Mandrin support:

Diamètre: -----Dint= 834mm
Longueur : -----Lm= 11570mm
Masse : -----Mm= 9,3t

Bobine de papier :

Diamètre extérieur : Dext= 2675mm
Largueur : ----- La= 8600mm
Longueur de papier : Lp= 75km
Masse de papier: --- Mp= 40t
Rayon en cours de déroulage : R1
Moment d'inertie : - JB

Caractéristiques du papier :

Epaisseur : ----- e =70 µm environ
Densité : ----- d=0,9 kg / dm³

Caractéristiques des rouleaux d'appui :

Rouleau d'appui central en acier :

Epaisseur : ----- 40 mm
Longueur :----- 9000 mm
Diamètre : ----- Dra=700 mm

Rouleaux d'appui latéraux en acier :

Epaisseur : ----- 40 mm
Longueur :----- 9000 mm
Diamètre : ----- 850 mm

Caractéristiques des bobines filles :

11 bobines identiques

Mandrin support: en carton

Diamètre: ----- Dfint= 100mm
Longueur : ----- Lfm= 880mm

Bobine de papier :

Largueur : ----- L= 780mm
Longueur de papier : Lf= 75 km

Capacités maximales de fonctionnement :

Bobine mère ----- 40t de papier
Vitesse de défilement 2300m/min
Tension de feuille dérouleuse 4300N
Couple de serrage enrouleuse 20Nm

Caractéristiques de production actuelle:

Vitesse lente : ----- VI = 20 m/min
Tension de la feuille côté déroulage : Td = 3000N
Couple de serrage côté enrouleuse : Cs = 75Nm par bobine fille
Vitesse de défilement : ----- V = 1500m/min
Durée de montée en vitesse : --- acc = 2 min
Durée du ralentissement : ----- tdec = 2 min

Les variables de pilotage

Les consignes de régulation sont fixées par l'opérateur en début de cycle:

- la vitesse de défilement maximale du papier : V
- le couple de serrage sur les bobines filles : CS
- la tension de feuille en déroulage sur la bobine mère : Td

Les paramètres suivants sont donnés également par l'opérateur en début de cycle car ils varient en fonction de la production

- pour les bobines filles :
 - diamètre du mandrin :----- Dfint
 - largeur de chaque bobine fille :---- L
 - longueur de papier à charger : ---- Lf
- pour la bobine mère :
 - o mandrin :
 - masse : ----- Mm
 - diamètre : ----- Dint
 - o papier
 - largeur : ----- La
 - longueur : ----- Lp
 - diamètre extérieur : ----- Dext
 - épaisseur du papier:----- e
 - densité du papier: ----- d

Les paramètres constants de la machine sont les suivants (constantes déjà programmées à la mise en service)

- pour les trois rouleaux d'appuis :
 - moment d'inertie :----- Jra (non chiffré)
 - diamètre du rouleau central :----- Dra= 700mm
- pour les couteaux :
 - coefficient de survitesse :----- λ 1,05 < λ < 1,25
 - diamètre des couteaux :----- Dc= 200 mm

Les grandeurs directement mesurables sont les suivantes :

- pour la dérouleuse : vitesse de rotation **du moteur** par codeur ;
- pour les rouleaux d'appuis : vitesse de rotation **du moteur** du rouleau central par codeur ;
- pour l'enroulage : vitesse de rotation **du moteur** pour chaque bobine fille par codeur ;
- tension de feuille par jauge de contrainte.

On néglige :

- les pertes mécaniques et électriques ;
- la variation du diamètre de la bobine mère pendant les périodes d'accélération et de ralentissement.

Dossier technique DTD: alimentation électrique HTA

1-Schéma de l'installation électrique étudiée

Le schéma de l'installation est représenté figure 1. Il représente :

- l'alimentation électrique HTA du circuit de récupération et du traitement des casses papier de la MP5 ;
- l'alimentation électrique HTA des motopompes créant le vide d'air dans les rouleaux presseurs (« pompes à vide »).

2-Détails des départs moteurs HTA

Les moteurs HTA des circuits des casses et des vides sont des moteurs asynchrones triphasés à démarrage direct alimentés en 3,15 kV.

La protection et la commande de l'alimentation de chaque moteur sont assurées par des disjoncteurs à contrôle-commande logique type SEPAM de Merlin Gérin. Ils sont constitués de :

- une unité centrale de contrôle commande logique ;
- un ou plusieurs dispositifs de mesures (courant et/ou tension) ;
- un déclencheur intégré dans le disjoncteur.

CIRCUIT	Nombre de départs moteurs	Caractéristiques d'un moteur	Repères
A	8	350 kW , $\eta=0,92$, $\cos\varphi=0,85$	M1-M8
B	4	500 kW , $\eta=0,95$, $\cos\varphi=0,82$	M9-M12
C	Départ moteur de réserve	500 kW , $\eta=0,95$, $\cos\varphi=0,82$	DMR1
D	Départ moteur de réserve	350 kW , $\eta=0,92$, $\cos\varphi=0,85$	DMR2
E	Départ moteur de réserve	250 kW , $\eta=0,90$, $\cos\varphi=0,85$	DMR3
F	1	Motorisation reconditionnement transport bobines 1600kVA	MR
G	2	500 kW , $\eta=0,95$, $\cos\varphi=0,82$	M13- M14
H	2	400 kW , $\eta=0,94$, $\cos\varphi=0,80$	M15- M16
I	1	350 kW , $\eta=0,92$, $\cos\varphi=0,85$	M17

J	1	630 kW , $\eta=0,96$, $\cos\varphi=0,85$	M18
K	1	350 kW , $\eta=0,92$, $\cos\varphi=0,85$	M19
L	Départ moteur de réserve	500 kW , $\eta=0,95$, $\cos\varphi=0,82$	DMR4
M	Départ moteur de réserve	350 kW , $\eta=0,92$, $\cos\varphi=0,85$	DMR5

Les circuits A à E alimentent les moteurs entraînant les pompes à vide .

Les circuits F à M alimentent les moteurs entraînant les pompes et malaxeurs du circuit des casses.

On considère que :

-le coefficient de simultanéité K_s des départs moteurs en service vaut 1 ;

-le coefficient d'utilisation K_u des moteurs en service vaut 0,8.

Les départs moteurs de réserve sont des lignes d'alimentation entièrement équipées, prêtes à l'emploi et pouvant à tout instant remplacer une ligne en défaut,

3- Caractéristiques des transformateurs 09TR11 et 09TR12

La protection et la commande des lignes d'alimentation des transformateurs sont assurées par des disjoncteurs à contrôle-commande logique type SEPAM de Merlin Gérin,

→ Transformateur 09TR11:

- puissance **8MVA**
- réfrigération **ONAN**
- couplage **Dyn11**
- protection **DGPT2**

→ Transformateur 09TR12:

- puissance **6,3MVA**
- réfrigération **ONAN**
- couplage **Dyn11**
- protection **DGPT2**

4-Interconnexion et redondance des lignes d'alimentation HTA

Le service technique gérant la distribution électrique de l'entreprise prévoit :

- la possibilité d'alimenter les transformateurs MP5.1 et MP5.2 par 2 jeux de barres 45 kV ;
- la reprise totale de l'alimentation des jeux de barres 10,5 kV en cas de défaillance des transformateurs sus-cités par la ligne de secours issue des postes raffinage 1 et 2 ;
- la reprise partielle des réseaux 3,15 kV pour entretien du circuit des fluides
 - * du réseau 3,15 kV issu du transformateur 09TR11 par le réseau 3,15 kV issu du transformateur 09TR12
 - * du réseau 3,15 kV issu du transformateur 09TR12 par le réseau 3,15 kV issu du transformateur 09TR11.

5-Conséquence de l'augmentation de la vitesse de défilement du support papier

Le service technique prévoit une augmentation du coefficient d'utilisation des pompes à vide de 5% ($K_u = 0,85$).

6-Protection des biens et des personnes en HTA

61-Protections des personnes contre les contacts indirects et mise à la terre des masses métalliques (cf figure 2).

Récapitulation des SLT possibles en HTA (extraits) :

SLT	Limitation des effets thermiques du courant de défaut I_d	Dispositifs de protection
TNR	$R_{lim} > U_0 / 50$ le courant de défaut est limité à 50A	Contre les surintensités
TTN		À courant homopolaire
TTS		À courant homopolaire
ITR	$Z > U_0 / 20$ le courant de défaut est limité à 20A	Contre les surintensités au 2 ^e défaut
ITN		À courant homopolaire au 2 ^e défaut
ITS		À courant homopolaire au 2 ^e défaut

R_{lim} : résistance de limitation du courant de défaut

Z : impédance de mise à la terre du neutre en schéma ITx

U_0 : tension simple secondaire

I_d : courant de défaut

62-Protections des moteurs HTA

Elles sont assurées par les disjoncteurs à contrôle-commande logique type SEPAM de Merlin Gérin qui détectent:

- les surcharges ;
- les courts circuits ;
- les défauts d'isolement (surveillance des courants homopolaires) ;
- les coupures et déséquilibres de phases (courant et tension) ;
- l'inversion des phases ;
- les minimum et maximum de tension ;
- les démarrages trop fréquents ;
- les blocages rotor.

Les mesures d'intensité des courants en ligne sont réalisées par des TI à tore de type standard. Les rapports de transformation disponibles sont:

- **150/5A (calibre 150A) ;**
- **75/5A (calibre 75A).**

Les réglages « standard entreprise » des déclencheurs des départs moteurs HTA **M13, M15, M17, M18 et M19** sont les suivants :

- réglage de l'intensité au courant nominal I_N moteur: paramètre $i_{\%}$ égal au rapport $I_N /$ (calibre des TI de mesure)
 - maximum de courant MAX I pendant 0,1s : $1,3 I_{DEM}$
 - surcharge temporaire pendant 10minutes , paramètre Ith : 25%
 - surcharge temporaire rotor bloqué pendant 3s , paramètre RB: 150%
 - détection défaut d'isolement pendant 0,2s , paramètre I0 : 2A
 - déséquilibre de courant DC1 pendant 0,4s : 30%
 - déséquilibre de courant DC2 pendant 1s : 15%
 - minimum de tension MIN U pendant 1s: $0,70 U_N$
- avec U_N tension nominale moteur.

Les moteurs ont un courant de pointe en démarrage direct I_{DEM} de $7 I_N$, le nombre de démarrages est limité à 2 par heure.

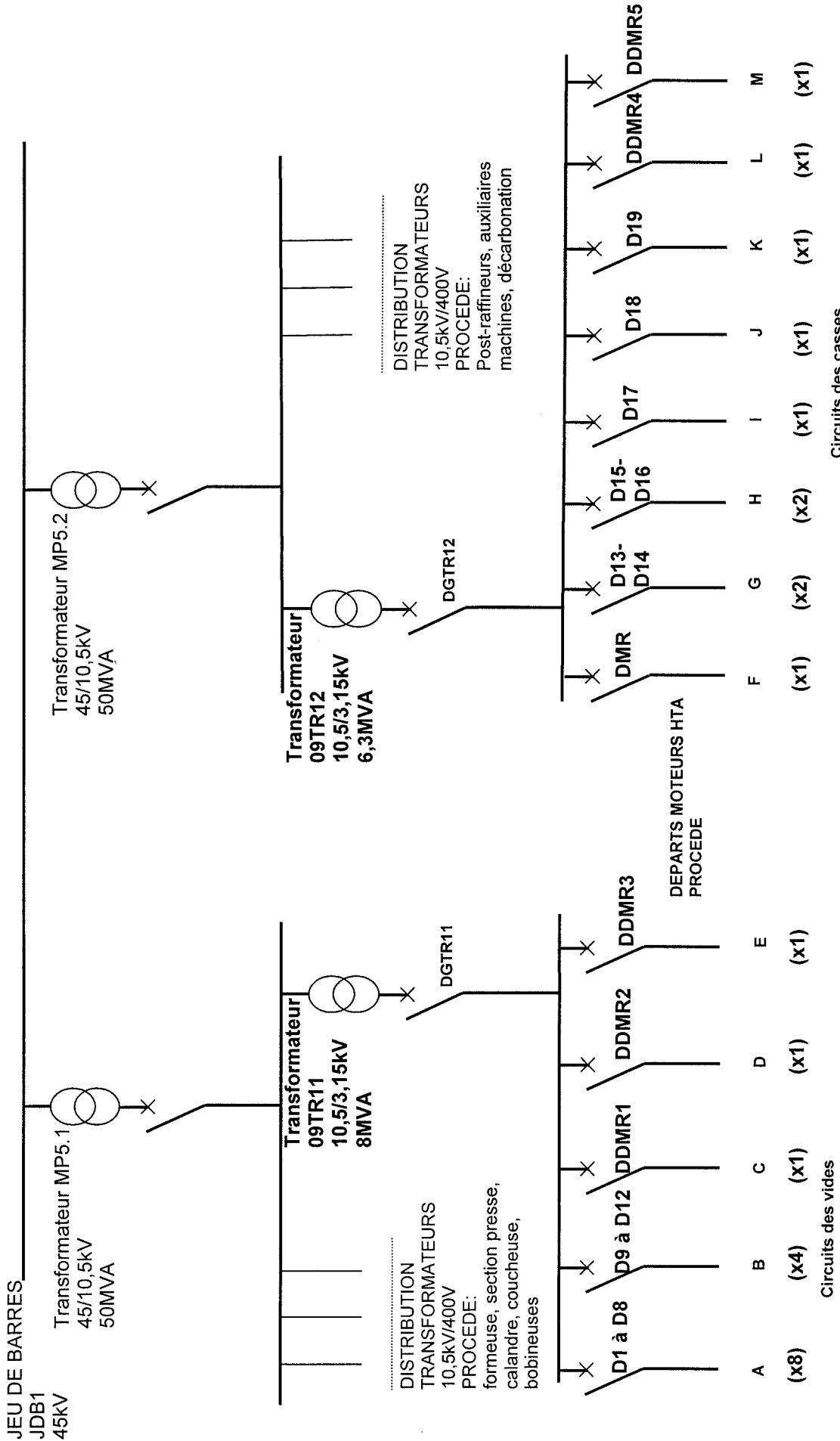
Les réglages « entreprise » du déclencheur du disjoncteur **DGTR12** sont les suivants :

- réglage de l'intensité au courant secondaire nominal I_N : 1,2 kA
- maximum de courant MAX I1 pendant 0,5s : 8,3kA
- maximum de courant MAX I2 pendant 0,7s : 2,7kA
- maximum de courant MAX I1 pendant 2s : 2kA
- détection défaut d'isolement pendant 0,8s , paramètre I0 : 5A

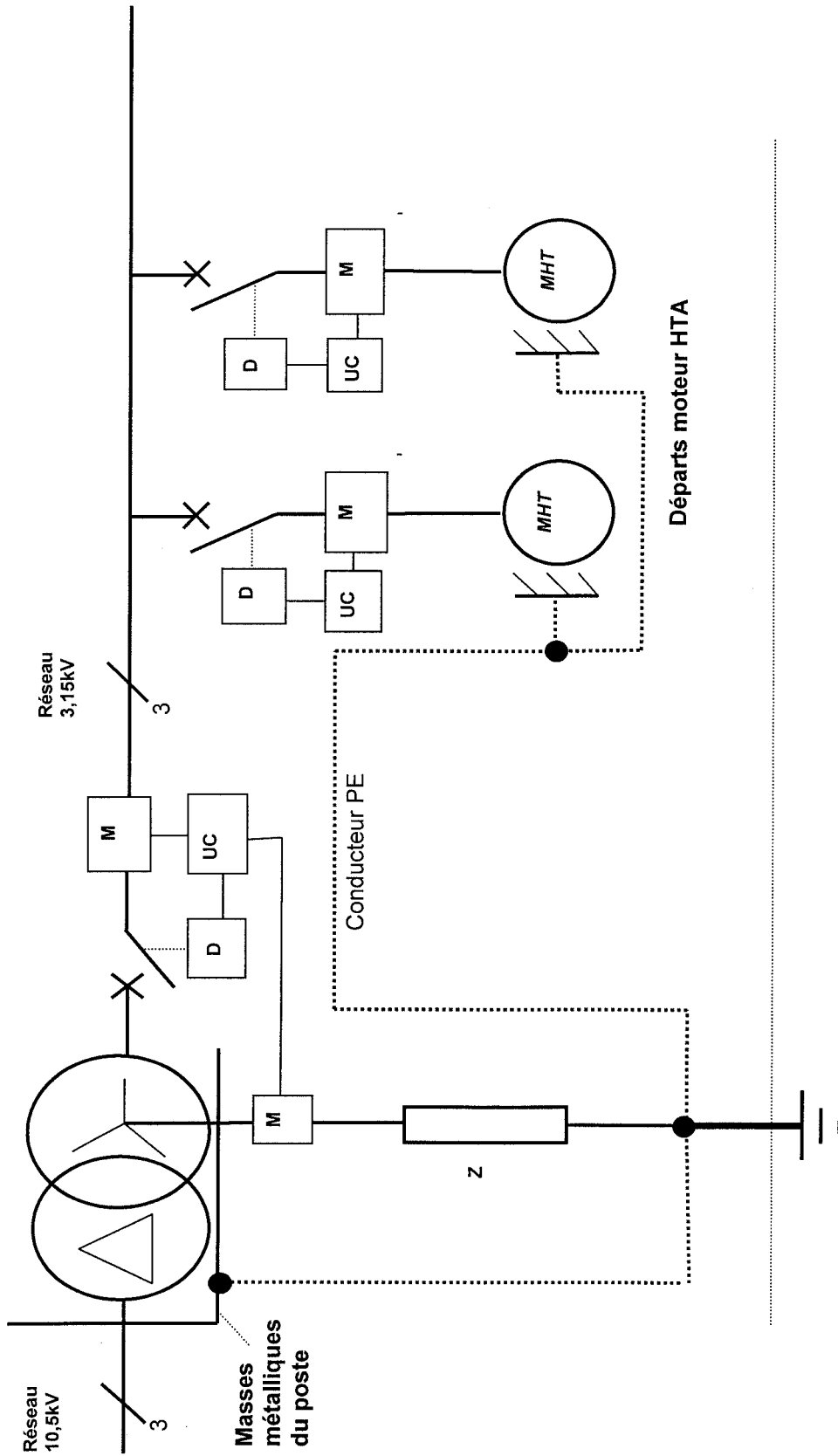
7-Mise en réseau des déclencheurs

Chaque déclencheur est relié par une liaison série RS485 à un module d'interface RS485/Modbus (MI).

Le réseau Modbus communique avec le réseau Ethernet TCP/IP « usine » via un serveur, Le serveur et chaque module d'interface sont alimentés en 24VCC par une ligne spécifique.



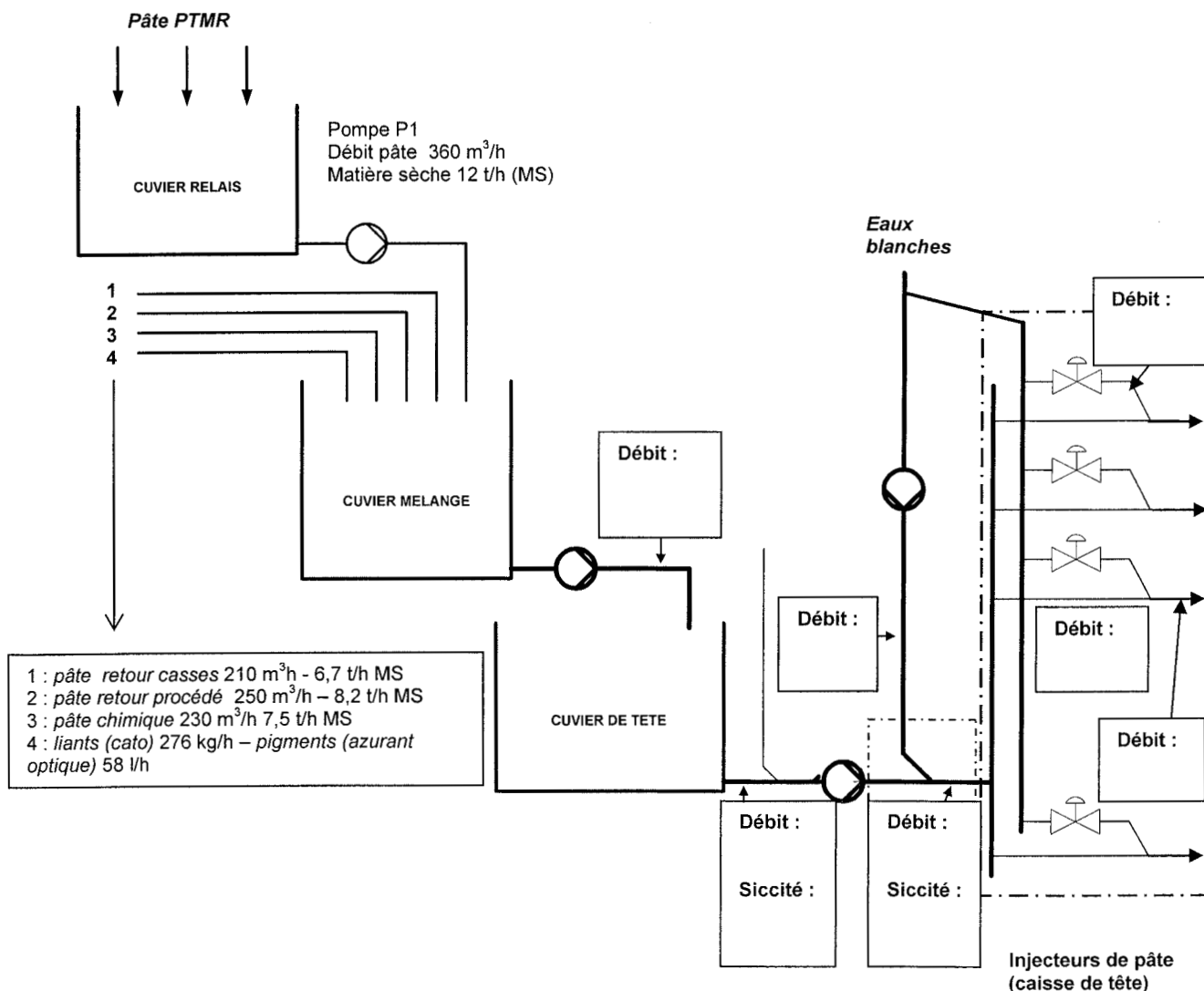
DOSSIER TECHNIQUE DTD : figure 1



- D: déclencheur disjoncteur
- M: dispositif de mesure de courant
- UC: unité de contrôle commande logique (SEPAM)

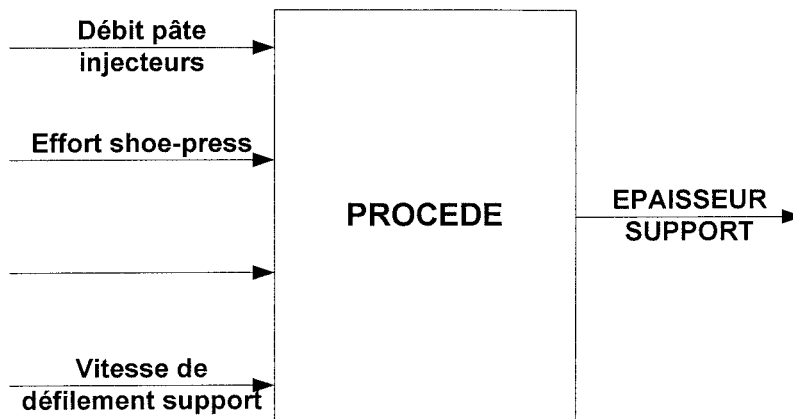
DOSSIER TECHNIQUE DTD . figure 2

DOCUMENT REPOSE DR1 : Synoptique de l'alimentation en pâte de la caisse de tête

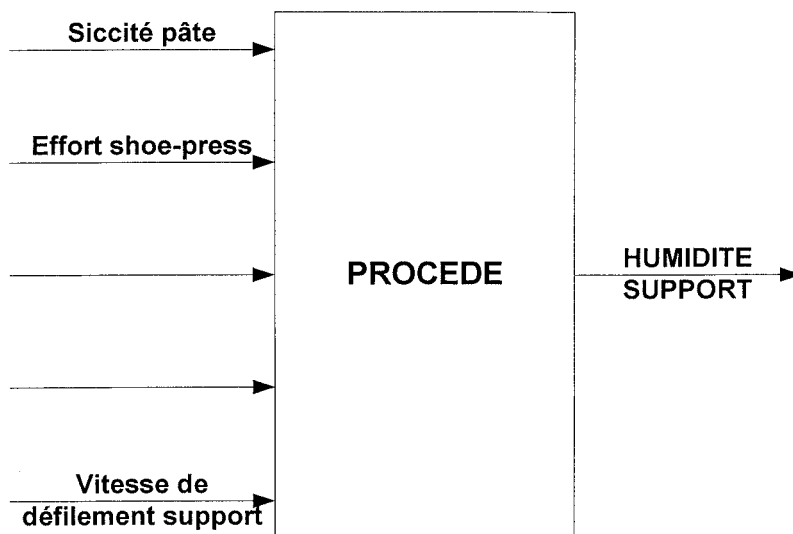


DOCUMENT REPONSE DR2-1 : Analyse fonctionnelle de 1^{er} niveau

Epaisseur du support papier (sortie sècherie , après passage dans les cylindres sècheurs)

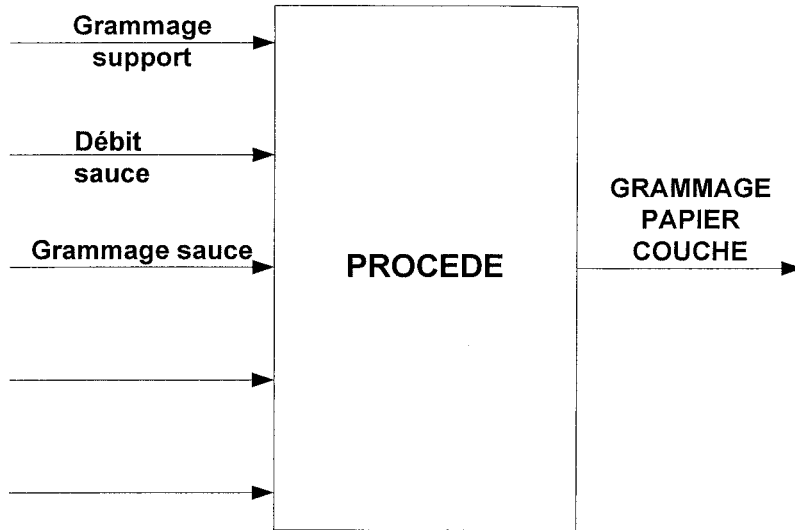


Taux d'humidité du support papier (sortie sècherie)

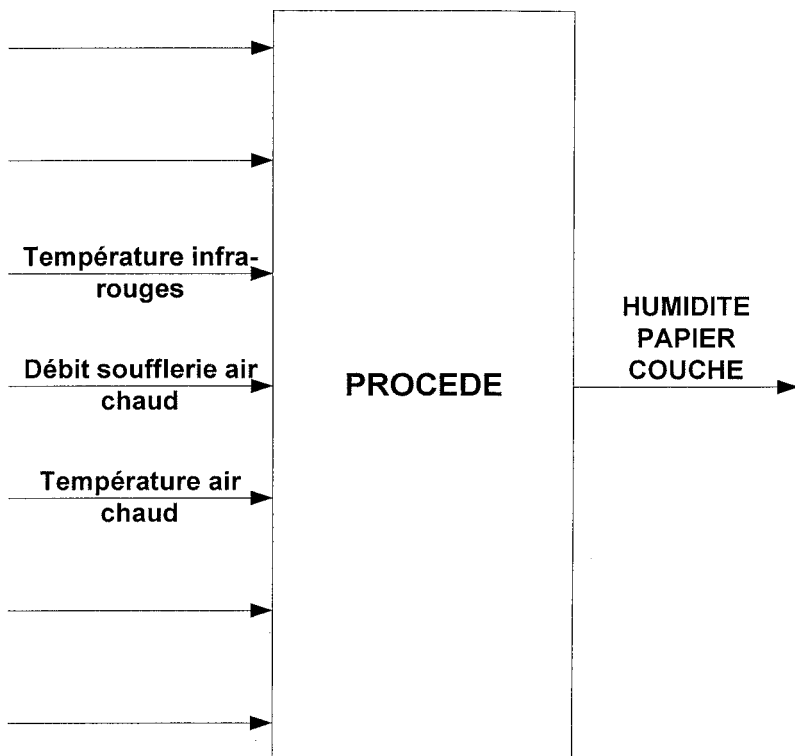


DOCUMENT REPONSE DR2-2 : Analyse fonctionnelle de 1^{er} niveau (suite)

Grammage du papier couché



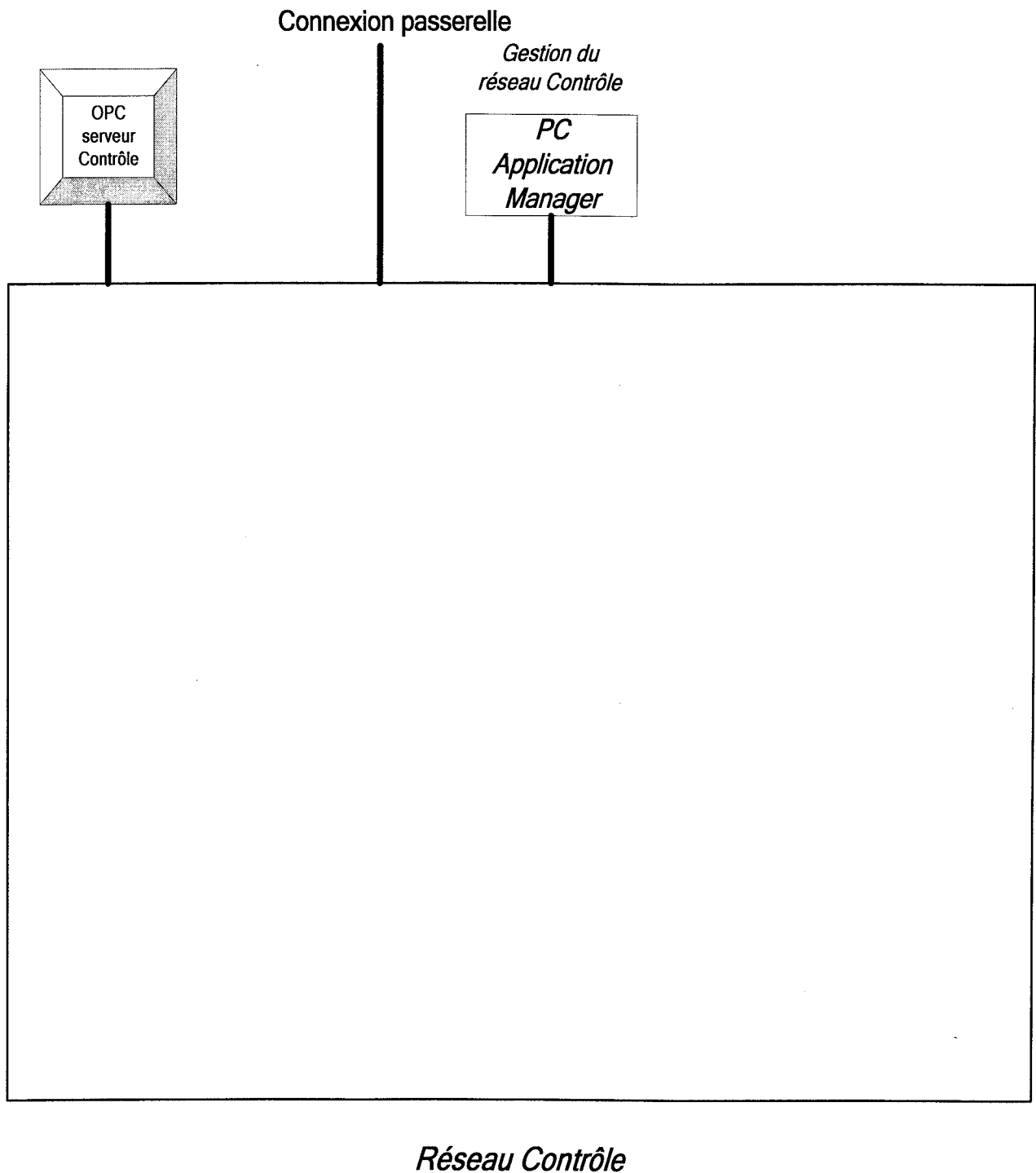
Taux d'humidité du papier couché.



DOCUMENT REPONSE DR3 : fabrication du papier

Grandeur à maîtriser	Grandeur réglante	Grandeurs perturbatrices
Epaisseur du support	Effort de presse calandre machine	- Débit pâte injecteurs - Effort shoe-press - Vitesse de défilement du support
Taux d'humidité du support		
Grammage du papier couché		
Taux d'humidité du papier couché		

DOCUMENT REPONSE DR4 : communication



DOCUMENT REPONSE DR5 : BILAN MATIERE DE L'ATELIER PTMR

1- Raffineur 1 :			Débit total	Matière sèche	Eau ou vapeur
Entrée :	copeaux	Qm100	10 t/h		
	Eau de dilution	Qv31	10 m ³ /h		
Sortie :	mélange fibres + eau	Qm102			
	Vapeur d'eau chargée	Qm81	10 t/h		
2- Raffineur 2:			Débit total	Matière sèche	Eau ou vapeur
Entrée :	mélange fibres + eau	Qm102			
	Retour de fibres non calibrées	Qm101	5 t/h		
	Retour fibres récupérées	Qm12			
	Eau de dilution	Qv32	10 m ³ /h		
Sortie :	mélange fibres + eau	Qm103			
	Vapeur d'eau chargée	Qm82	10 t/h		
3- Raffineur 3:			Débit total	Matière sèche	Eau ou vapeur
Entrée :	mélange fibres + eau	Qm103			
	Eau de dilution	Qv33	37 m ³ /h		
Sortie :	mélange fibres + eau	Qm104			
4- Cuvier de stockage :			Débit total	Matière sèche	Eau ou vapeur
Entrée :	mélange fibres + eau	Qm104			
	Eau de dilution	Qv34	203 m ³ /h		
	mélange fibres + eau	Qm2	266 t/h		
Sortie :	Siccité : 4,5%			12 t/h	
5- Récupérateur de fibres et échangeur :			Débit total	Matière sèche	Eau ou vapeur
Entrée :	Eau froide déminéralisée	Qv10	20 m ³ /h		
	Vapeur chargée de fibres à 2,5 bars	Qm8	20 t/h		
Sortie :	Vapeur 1,8 bars	Qm11	20 t/h		
	condensats	Qv9	19 m ³ /h		
	Fibres récupérées	Qm12	1 t/h		

DOCUMENT REPOSE DR6 : tableau 1
BILAN DE CONSOMMATION ELECTRIQUE DE L'ATELIER PTMR

Atelier PTMR :		Energie électrique consommée en MWh	Masse de matière sèche produite en t	Consommation électrique par tonne de matière sèche en kWh/t
Pe absorbée				
Pe11	12 MW			
Pe12	8,5 MW			
Pe13	4,8 MW			
Pe total				

DR6 : tableau 2
BILAN THERMIQUE DU REFROIDISSEMENT DES MOTEURS DES RAFFINEURS

Refroidissement moteur						
Pn (nominale)	Pe absorbée	Rendement η	pertes	Débit eau	T froide	T chaude
Moteur M11						
17MW		0,9				
Moteur M12						
17MW		0,9				
Moteur M13						
6MW		0,9				
Température de sortie d'eau de refroidissement : T6						

DR6 : tableau 3
ECONOMIES REALISEES PAR LA RECUPERATION DES CALORIES

	Débit en tonne/heure	Temp. Init.	Temp. finale		Economie réalisée en €
Eau de refroidissement	60				
Condensats	19				
vapeur	20				
total					

DOCUMENT REPONSE DR7 :BILAN ENTHALPIQUE DE L'ATELIER PTMR

		Débit en tonne/h	Température en °C	Chaleur massique en kJ/kg/°C	Enthalpie relative à 0°C) en kWh
Entrée :					
Copeaux humides	Matière sèche		80	1,76	
	Eau		80	4,18	
Eau de dilution Qv3		270	60		
Eau de refroidissement Qv5		60	25		
Eau déminéralisée Qv10		20	75		
Total entrant : He					
Sortie :					
Mélange fibres et eau	Matière sèche	12	80		
	Eau		80		
Vapeur Qm11 : (2702kJ/kg)		20	117	xxxxxxx	
Condensats Qv9		19	90		
Eau de refroidissement moteur Qv6		60			
Total sortant : Hs					
Energie électrique consommée : Wm					
Bilan global en kWh					
	Enthalpie entrée matière:	Energie électrique :	Enthalpie totale entrée :	Enthalpie sortie :	
Pertes : p					
Rendement :					

DOCUMENT REPONSE DR8 : MISE A L'ECHELLE

	Kcn	Kmn	Ktn
Dérouleuse			
Rouleaux d'appui			
Enrouleuse MCC			
Enrouleuse MAS			
Couteaux		XXXXXXXX	

DOCUMENT REPONSE DR9 : PARAMETRAGE DU VARATEUR DE VITESSE

- fonctionnement de la dérouleuse en moteur à vitesse régulée 30 rad/s

paramètre	valeur	commentaire
Consigne couple de freinage		
Consigne supplémentaire 1		
Consigne vitesse de rotation		
Consigne supplémentaire 2		
Commande freinage		

- fonctionnement en régulation de couple à - 5000Nm quelque soit la vitesse de déroulage imposée (fonctionnement en génératrice)

paramètre	valeur	commentaire
Consigne couple de freinage		
Consigne supplémentaire 1		
Consigne vitesse de rotation		
Consigne supplémentaire 2		
Commande freinage		

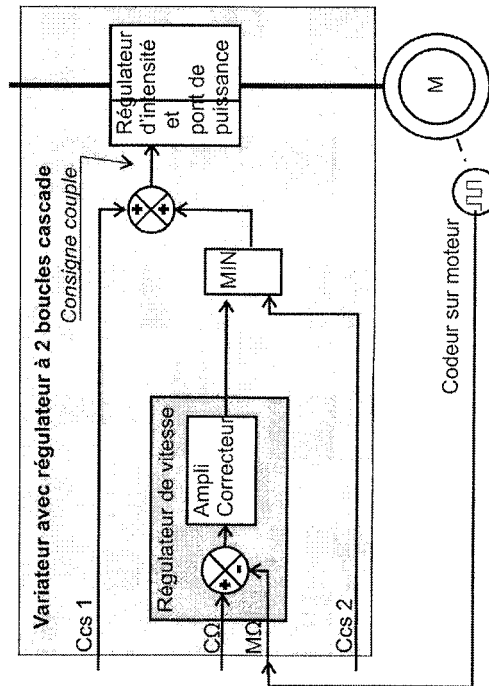
- fonctionnement en régulation de vitesse à 30 rad/s avec un couple antagoniste de 5000N à compenser

paramètre	valeur	commentaire
Consigne couple de freinage		
Consigne supplémentaire 1		
Consigne vitesse de rotation		
Consigne supplémentaire 2		
Commande freinage		

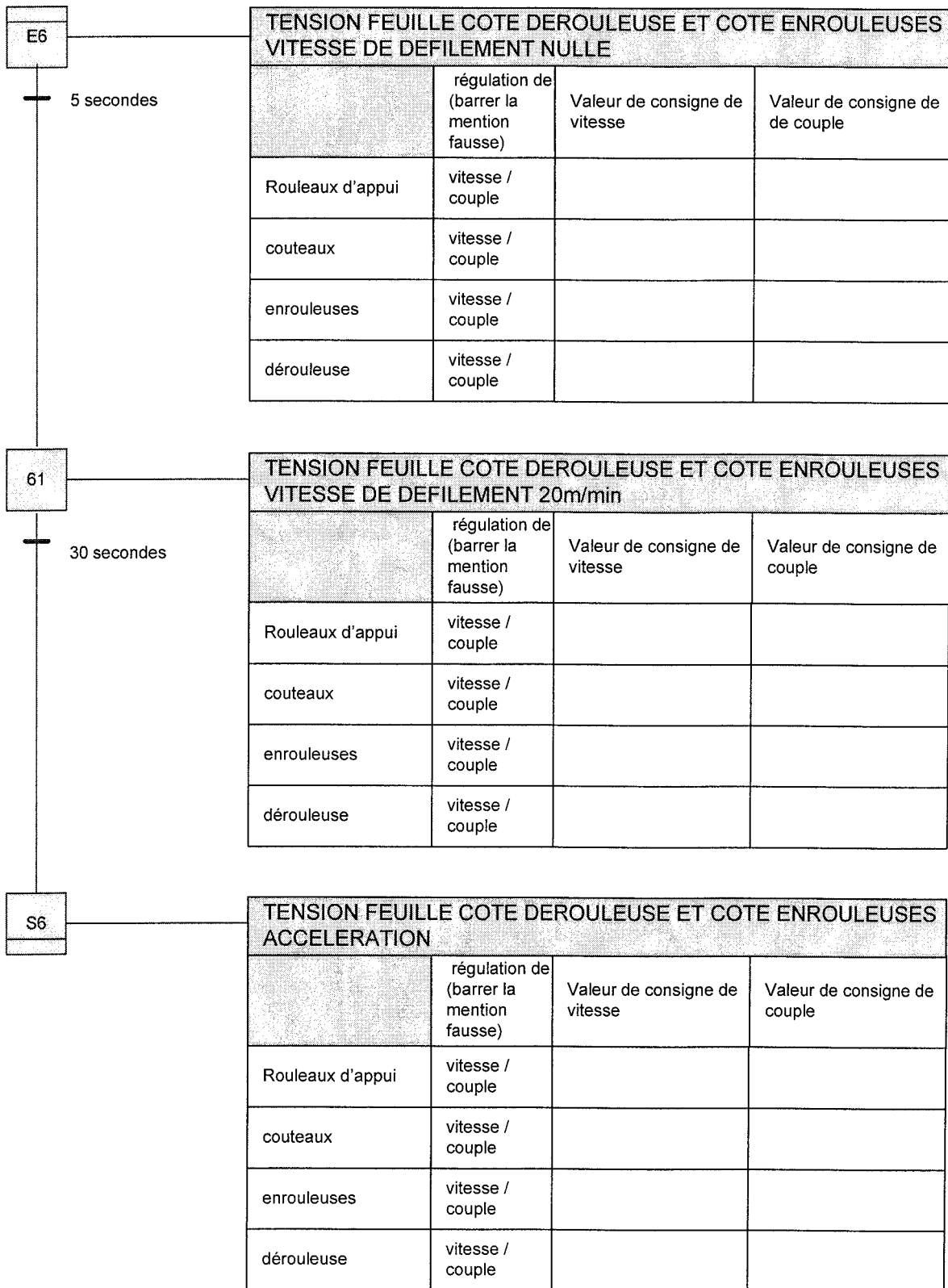
- fonctionnement en freinage d'urgence sur casse papier

paramètre	valeur	commentaire
Consigne couple de freinage		
Consigne supplémentaire 1		
Consigne vitesse de rotation		
Consigne supplémentaire 2		
Commande freinage		

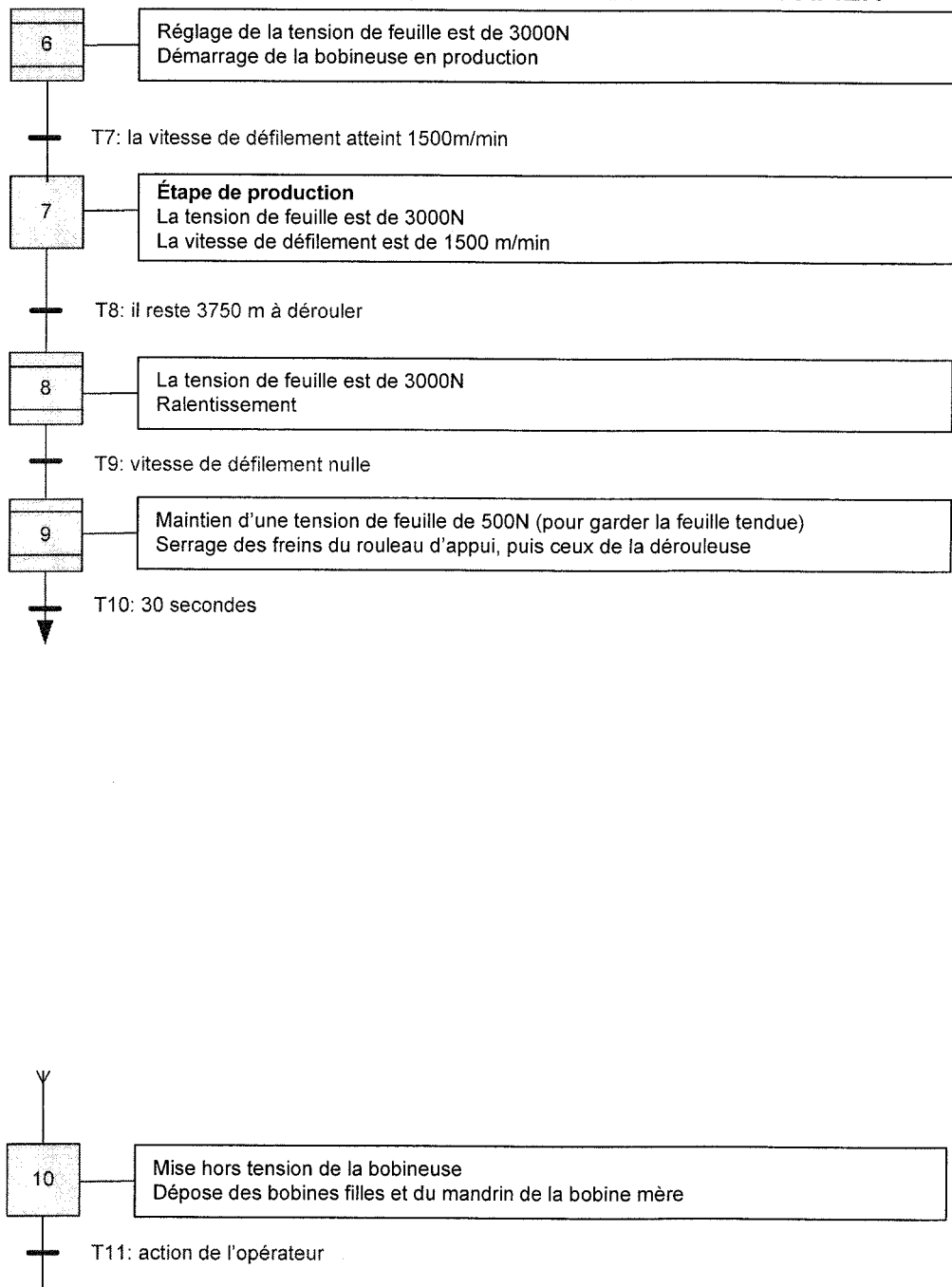
DOCUMENT REPONSE DR10 : REGULATION DE VITESSE DES ROULEAUX D'APPUI



DOCUMENT REPONSE DR11 : MACROETAPE 6

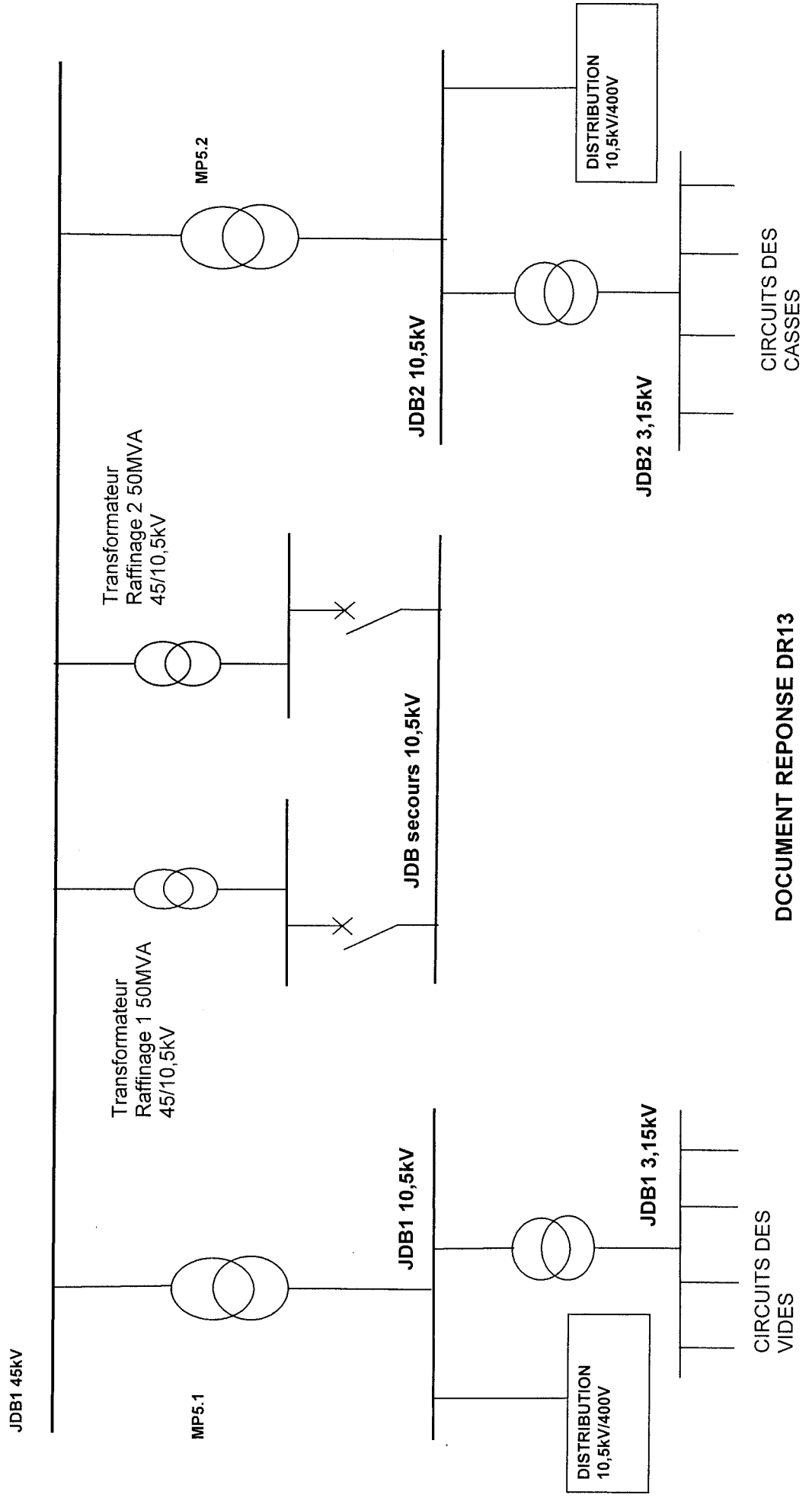


DOCUMENT REPOSE DR12 : GESTION SEQUENTIELLE DE LA CASSE PAPIER



JDB 45 kV normal

JDB 45 kV secours



Paramètres	M13		M15		M17		M18		M19	
	Réglage paramètre	Réglage retard	Réglage paramètre	Réglage retard	Réglage paramètre	Réglage retard	Réglage paramètre	Réglage retard	Réglage paramètre	Réglage retard
i%										
MAX I										
lth										
RB										
IO										
DC1										
DC2										
MIN U										

DOCUMENT REPONSE DR14