

Session 2000

**ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE
DES SYSTÈMES**

**SOUS ÉPREUVE U41:
ANALYSE DU COMPORTEMENT D'UN MÉCANISME**

Le texte de l'épreuve est constitué de deux dossiers :

Le dossier technique :	documents DT1 à DT7
Le dossier sujet première partie :	documents DS1 à DS3
	documents DR1 à DR3

**Durée de l'épreuve : 3 heures
coefficient : 2,5**

La durée de l'épreuve comprend un temps de lecture de 20 minutes.

**Les documents réponse seront rendus impérativement avec les feuilles de copie
normalisées à la fin de l'épreuve**

Aucun document autre que ceux du sujet n'est autorisé

Moyens de calcul autorisés:

Calculatrice électronique de poche, y compris calculatrice programmable ,
alphanumérique ou à écran graphique, à fonctionnement autonome, non-imprimante,
autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

Session 2000

**ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE
DES SYSTÈMES**

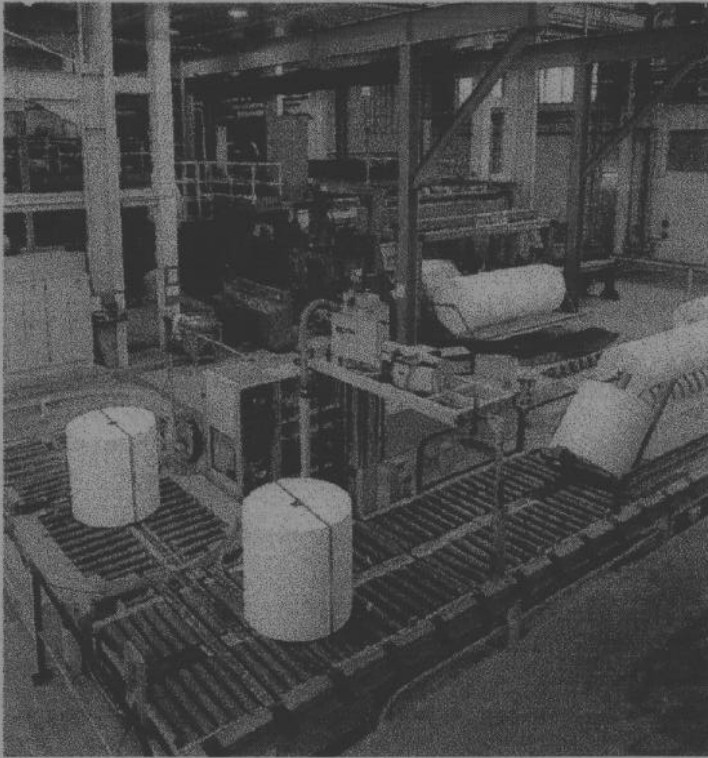
SOUS ÉPREUVE U41

DOSSIER TECHNIQUE

DT1	Présentation du support de l'épreuve
DT2	Description fonctionnelle
DT3	Plan de l'installation
DT4	Description du fonctionnement
DT5	Caractéristiques techniques
DT6	Données de production
DT7	Formulaire

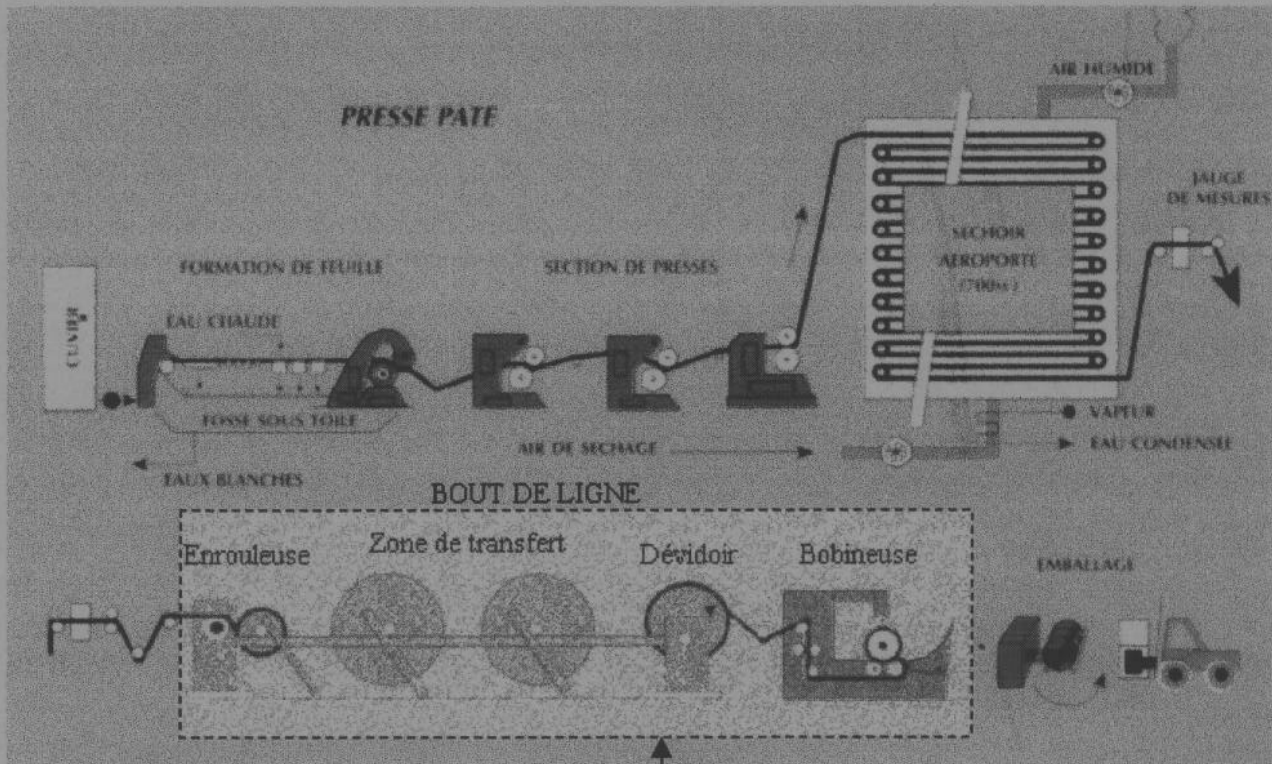
PRÉSENTATION DU SUPPORT DE L'ÉPREUVE

ITANA



La photographie ci contre représente la bobineuse et la chaîne d'emballage de bobines de pâte de cellulose pour défilage à sec dans un site dont la production est d'environ 600 t/j.

Le synoptique ci dessous représente de manière succincte la chronologie des étapes de formation et de conditionnement de la feuille de pâte.



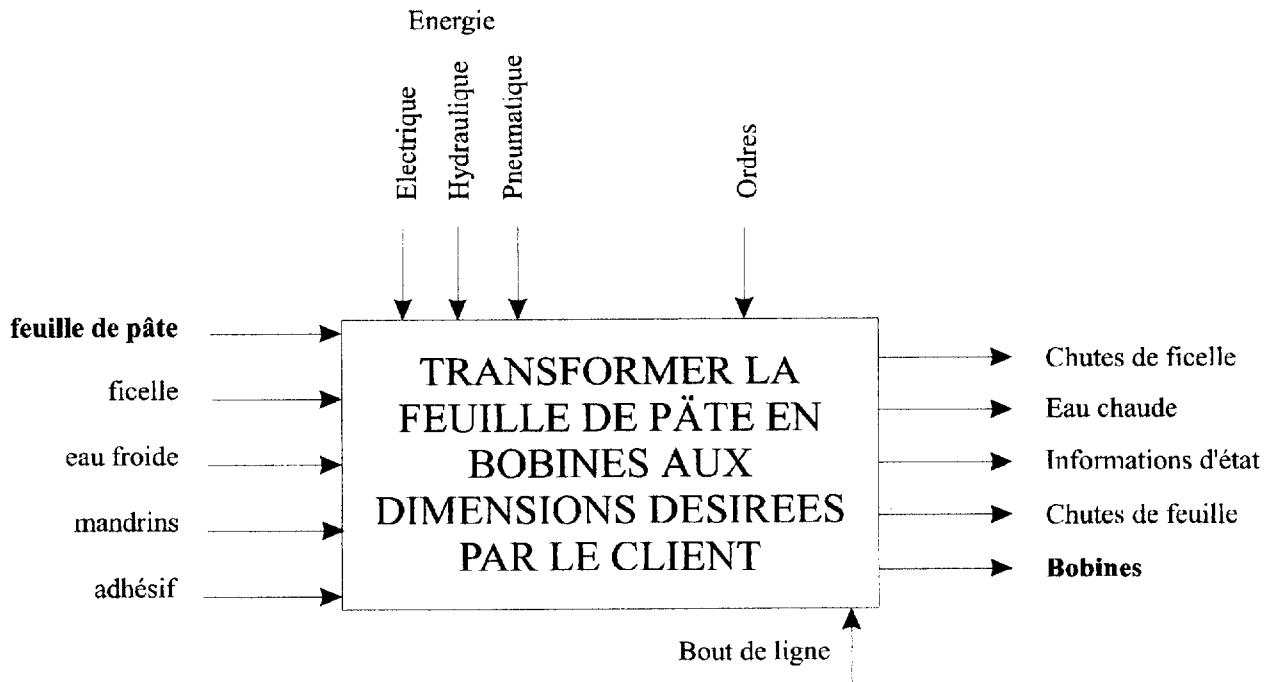
Ce cadre représente la frontière du domaine de la description fonctionnelle

DT1

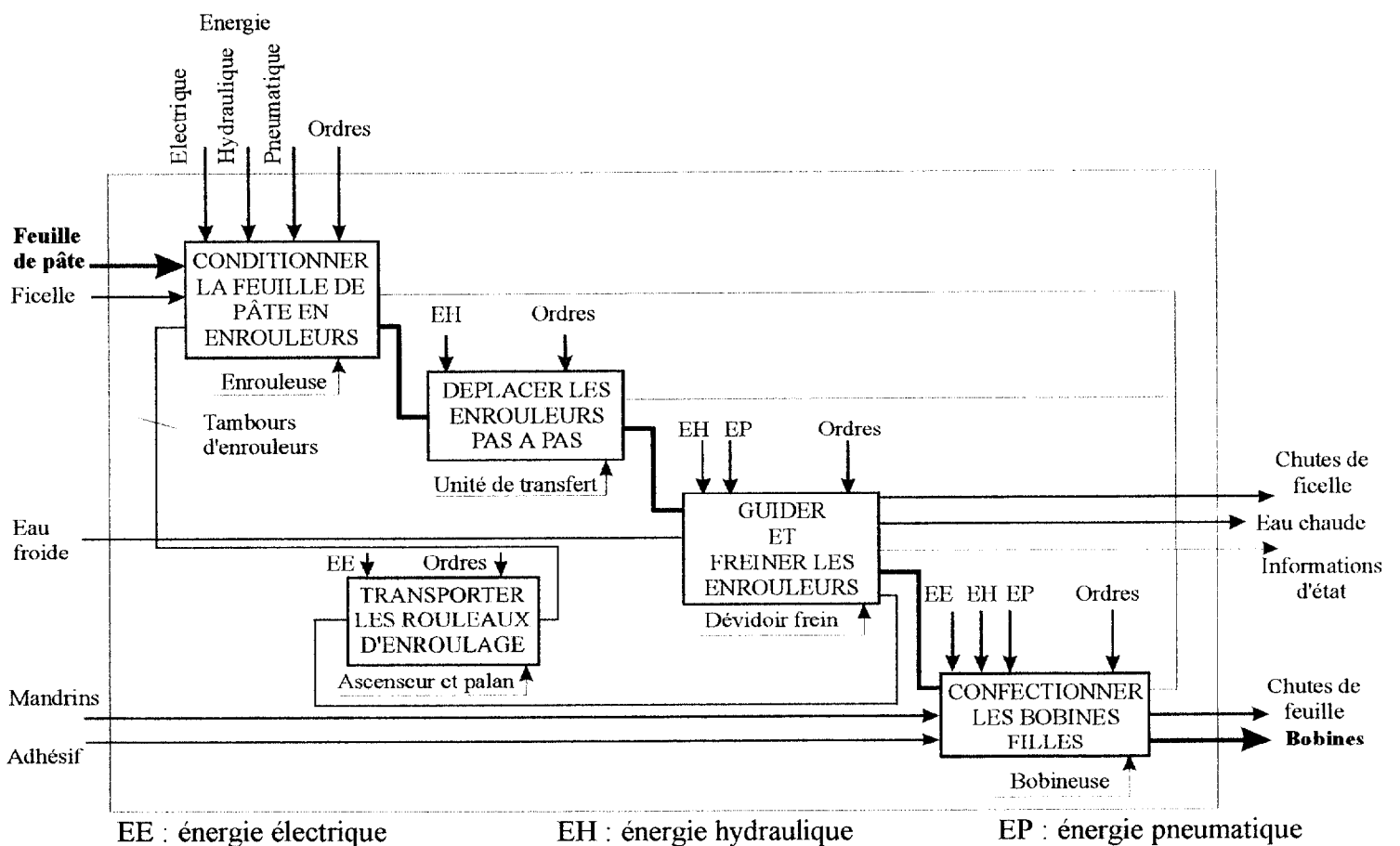
DESCRIPTION FONCTIONNELLE

Le domaine de la représentation suivante est limité par le cadre représenté sur le synoptique du document DT1

Analyse fonctionnelle représentée sous forme SADT niveau A-0



Analyse fonctionnelle représentée sous forme SADT niveau A0



DT2

Document suivant en grande taille

Format d'origine A1 -> 840 x 594 mm

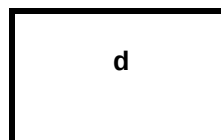
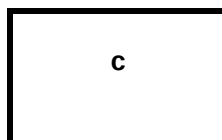
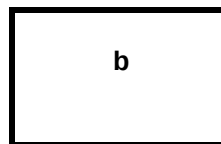
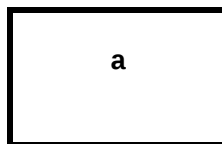
pages suivantes :

Document

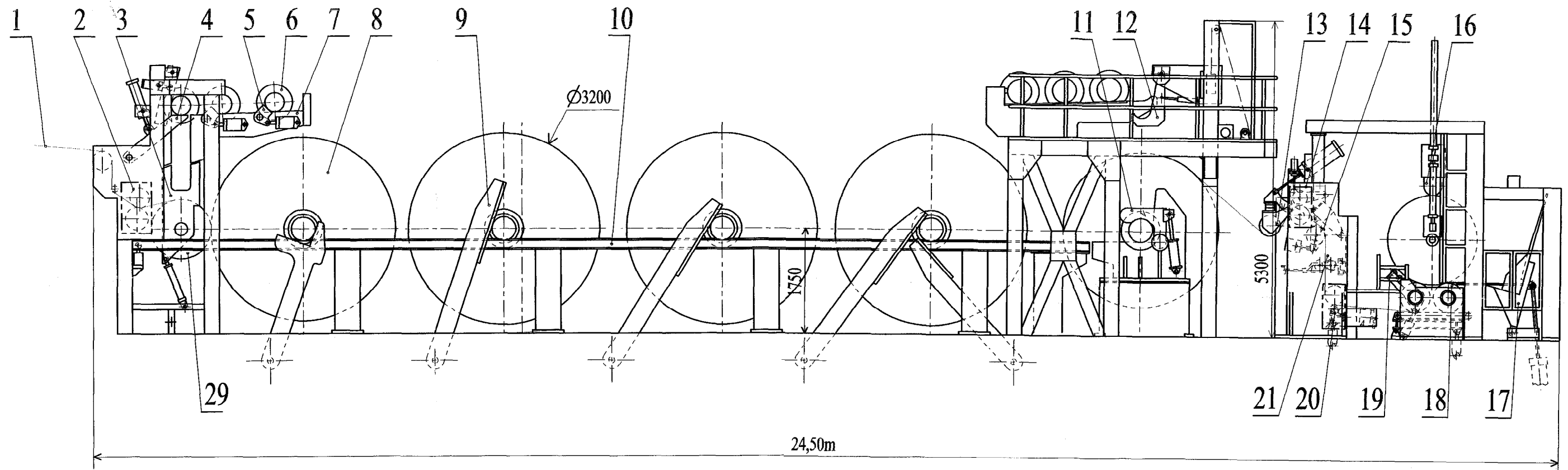
Réduit en 1 page A3



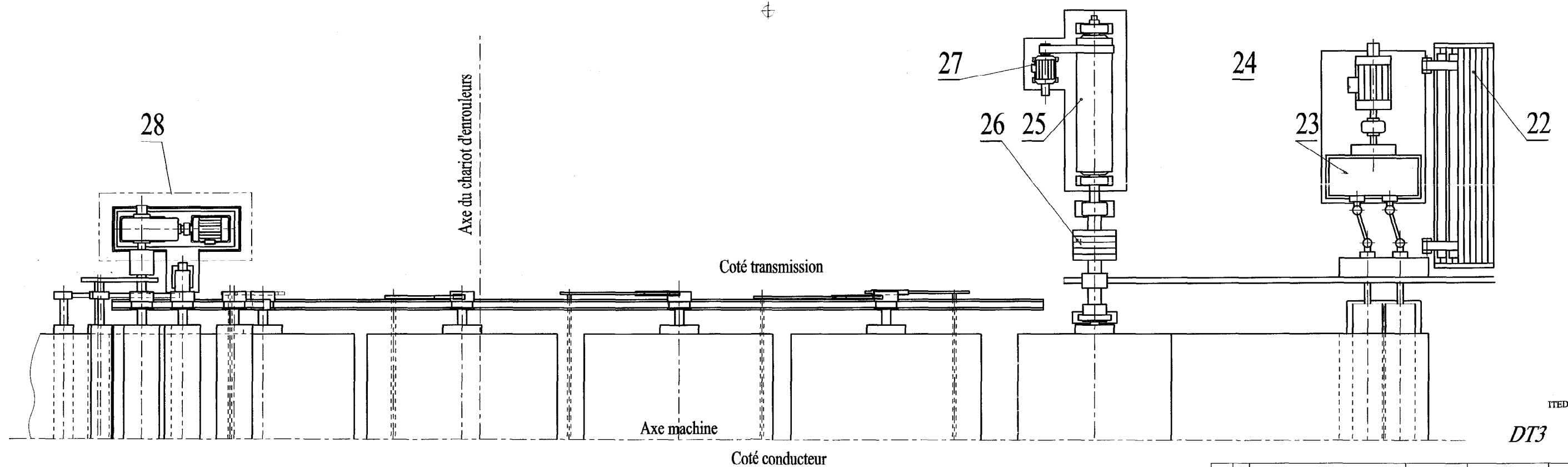
Redécoupé en 4 pages A3 successives



permettant la recomposition du document en taille réelle



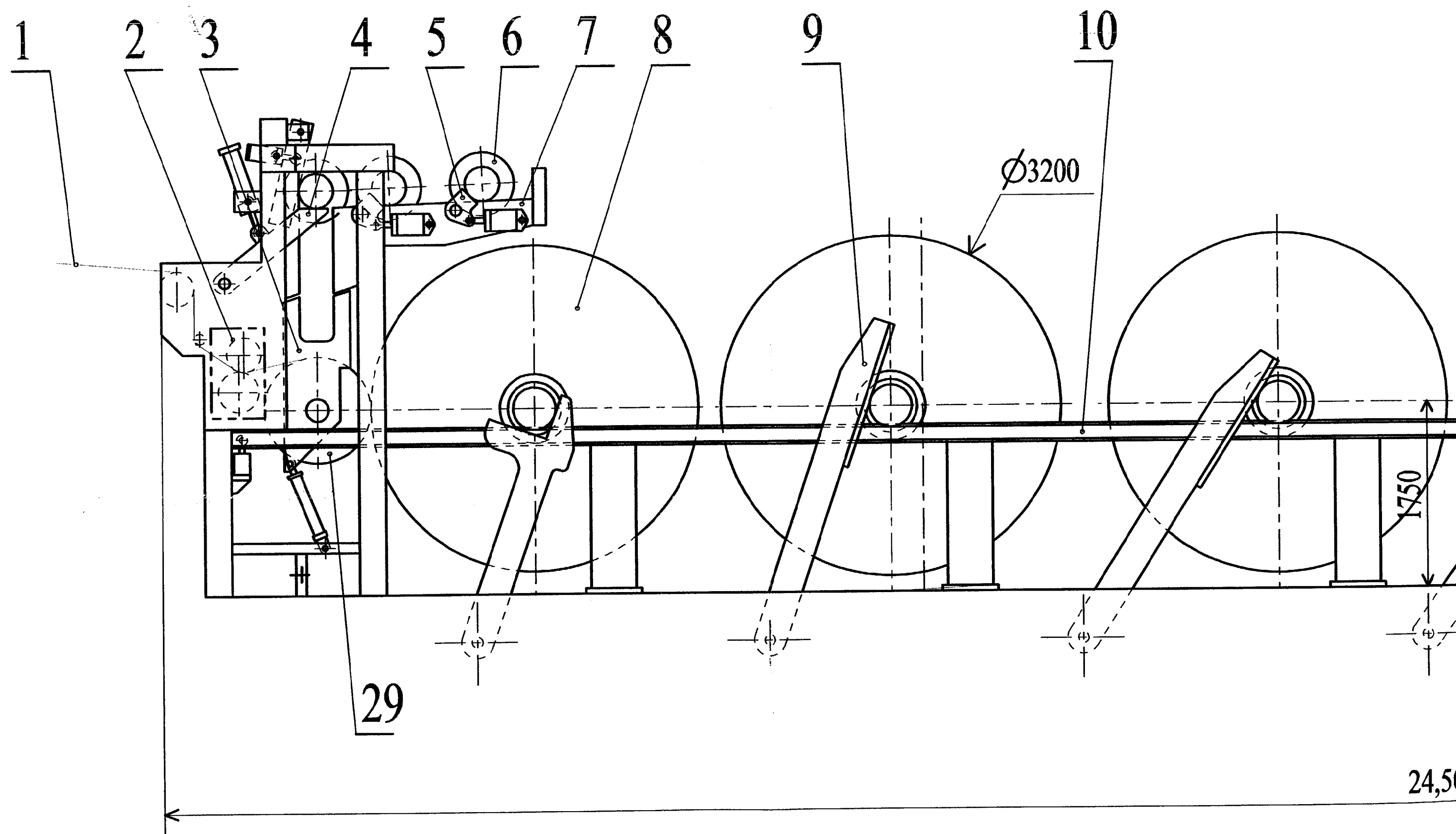
Enrouleuse Zone de transfert Dévidoir Bobineuse



ITEDI

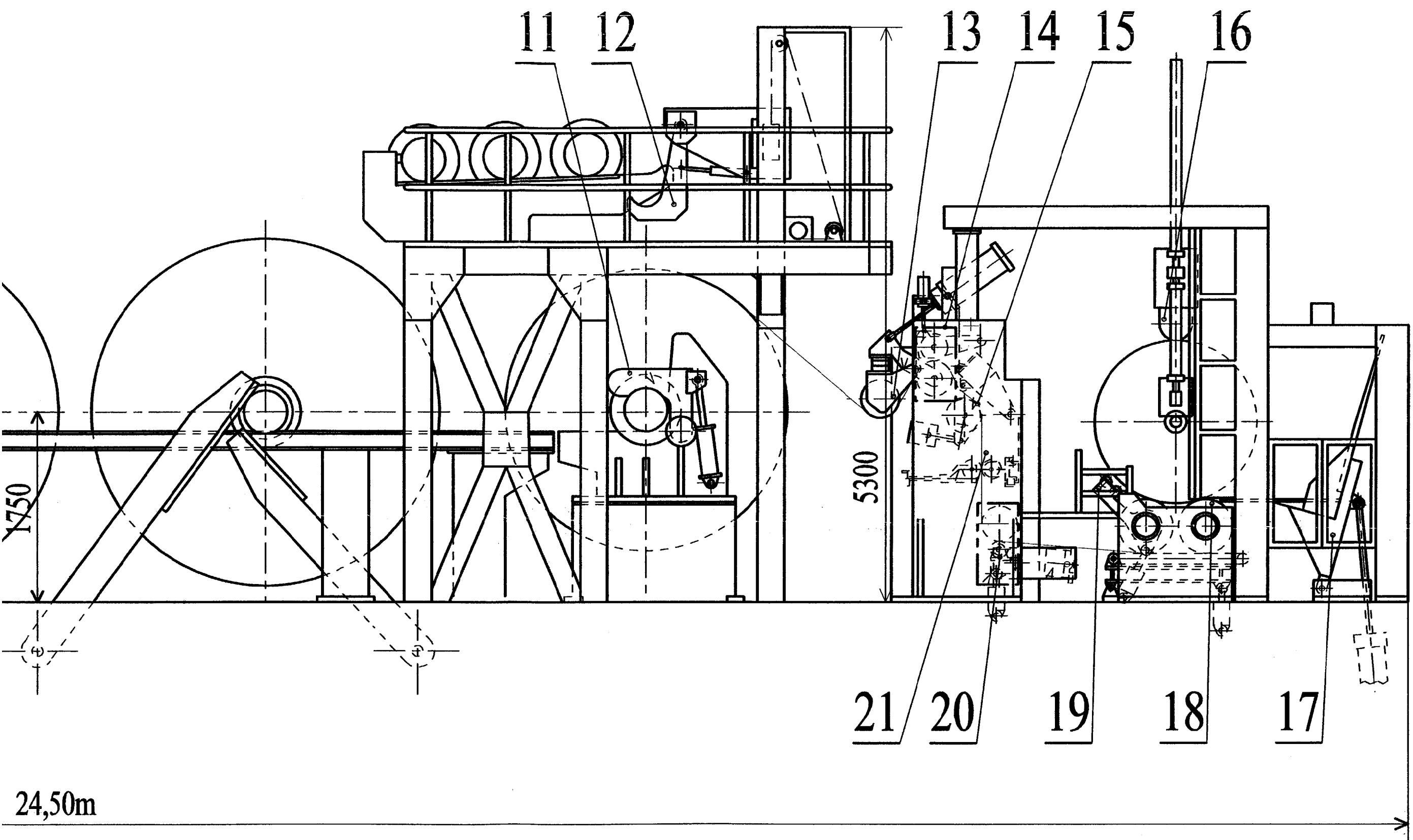
DT3

Rep	Nb	Désignation	Matériau	Observation	Référence
0		BOUT DE LIGNE			
		Plan d'ensemble			
		BTS ind. papetières			
		N°			



Enrouleuse

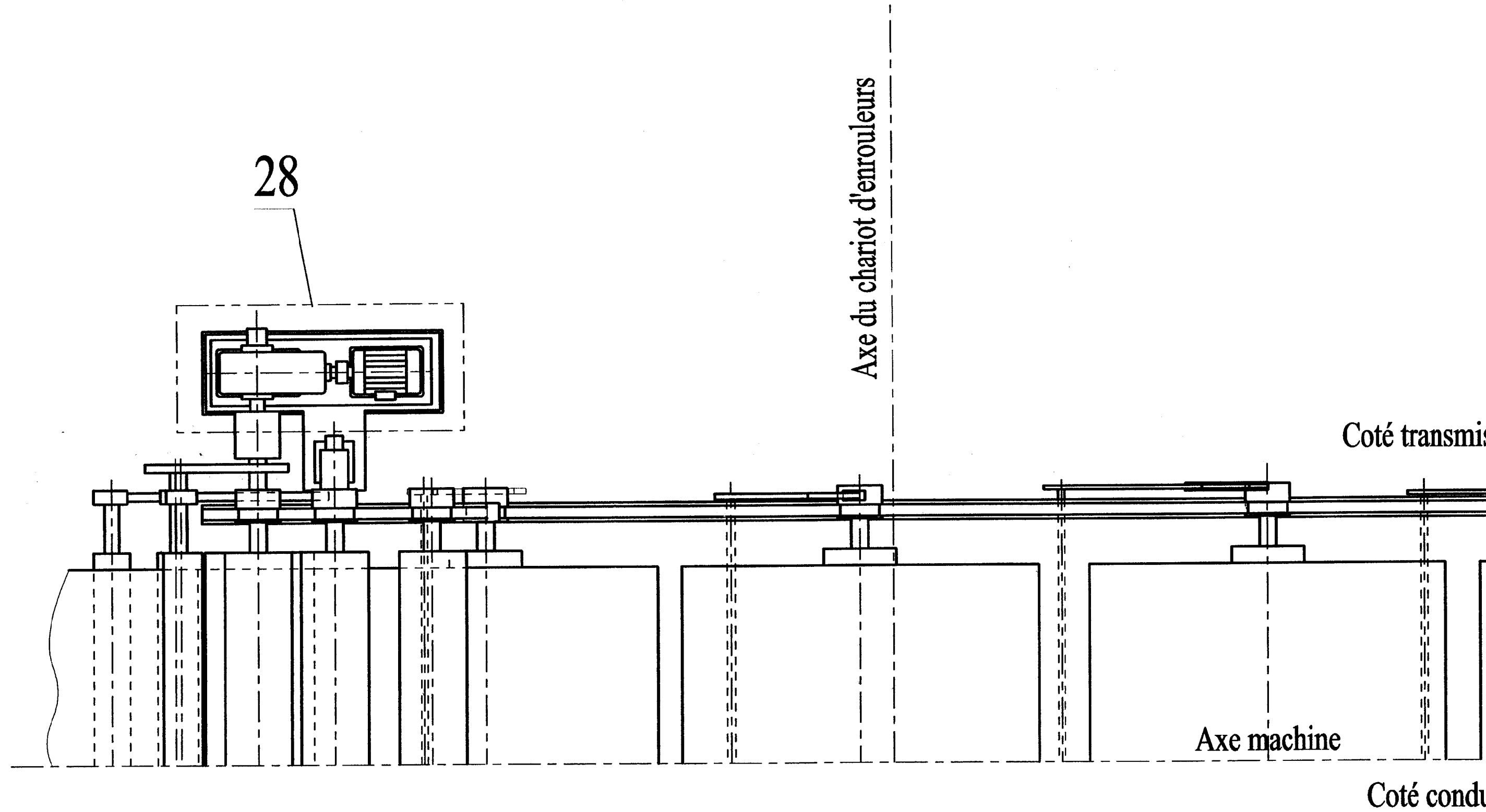
Zone de transfert

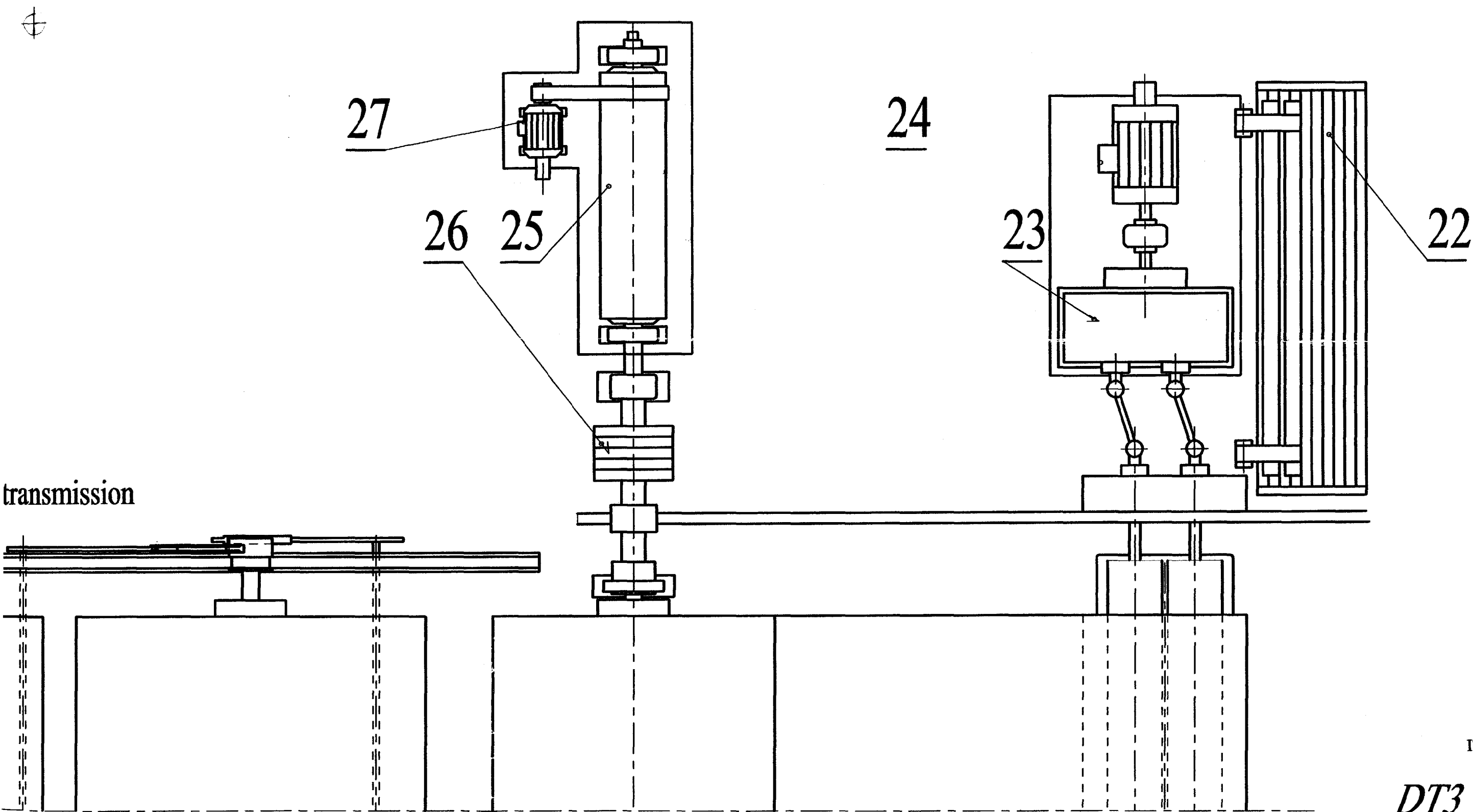


Dévidoir

Bobineuse







Rep	Nb	Désignation	Mat i ère	Observat ion	Réf érence
0					
		BOUT DE LIGNE			
Format : A1		Plan d'ensemble			
Ech. 1 : 35					
Dessiné par : DT3		BTS ind. papeti ères			
Le 11/01/98		N°			

DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

L'ensemble «bout de ligne » défini sur les documents techniques DT1, DT2 et DT3 est constitué par une enrouleuse non-stop, une unité de transfert des enrouleurs, un dévidoir frein et une bobineuse. Les caractéristiques techniques des différents actionneurs sont données sur le document DT5.

L'enrouleuse « non-stop » à cylindre en acier de diamètre 1000 mm, entraîné par un groupe moto-réducteur électrique, travaille dans un seul sens. L'entraînement de la feuille de pâte 1 se fait par contact ; le changement d'enrouleur se fait à pleine vitesse. La dureté de l'enrouleur est réglable et l'enroulement se fait sans plis ni fronces. La presse d'embarquement 2 est constituée d'un rouleau supérieur motorisé et d'un rouleau inférieur escamotable. La mise en contact à chaque embarquement est assurée par deux vérins pneumatiques. La vitesse du rouleau motorisé est synchronisée avec celle de l'enrouleuse. L'ensemble chargeur de tambours d'enrouleurs permet de stocker trois tambours vides. Les tambours sont amenés depuis la bobineuse sur les rails de stockage par un palan et sont maintenus en position par des butées hydrauliques 5 actionnées par les vérins. Le chargeur est conçu de manière à pouvoir évacuer à tout moment un enrouleur à l'aide du palan (non représenté)..

Afin de permettre le fonctionnement en continu de l'enrouleuse, l'enroulement de la bobine mère se fait en deux étapes :

- enroulage primaire : Pour le chargement du tambour d'enrouleur, deux bras primaires en acier 3, articulés autour de l'axe du cylindre d'enroulement, sont maintenus en position verticale et une butée fixe maintient le tambour d'enrouleurs hors contact du cylindre. La mise en contact du tambour sur le cylindre est obtenue par pivotement des bras primaires. Deux leviers de maintien 4, commandés par des vérins pneumatiques, assurent le maintien en contact et la pression de contact pendant l'enroulage primaire.

- enroulage secondaire : Une fois l'enrouleur formé (environ 1000 mm de diamètre), les bras primaires pivotent de manière à amener l'enrouleur sur les glissières de roulement 10. L'enroulement continue jusqu'à ce que l'enrouleur atteigne le diamètre désiré. Un dispositif de coupe et de transfert par ficelle (non représenté) entraîne la feuille vers un tambour d'enrouleur vide et un nouveau cycle d'enroulage commence.

Les bobines mères sont stockées sur l'unité de transfert et sont transférées automatiquement d'un poste de stockage à l'autre par des bras de transfert 9 commandés par des vérins hydrauliques. Les enrouleurs sont maintenus par des butées hydrauliques. Les enrouleurs sont amenés pas à pas jusqu'au dévidoir. En cas de casse de longue durée à la bobineuse, les enrouleurs peuvent être évacués de la zone de transfert par le palan.

La commande de chargement du dévidoir est manuelle. Le dévidoir comporte deux étriers de blocage actionnés par des vérins hydrauliques qui maintiennent l'enrouleur en position. Un moto-réducteur 27 permet d'obtenir le positionnement angulaire correct de l'enrouleur. Un crabot à embrayage automatique 26 permet d'accoupler l'enrouleur au frein à mâchoires 25 refroidi par eau qui va assurer la tension de la feuille lors du bobinage. Un ascenseur de tambours d'enrouleur à chaîne permettant, à l'aide de deux crochets escamotables, d'évacuer les tambours d'enrouleur vides qui seront repris, après stockage, par le palan vers l'enrouleuse.

La feuille de pâte est prise en charge pour le bobinage par une presse d'embarquement haute 14 motorisée placée à la suite d'un rouleau amortisseur 13. Après passage devant le capteur de tension de feuille 15, le bloc de coupe 21 assure la coupe en long de la feuille. La feuille est prise en charge par la presse d'embarquement basse 20. L'opérateur met en place la feuille sur les mandrins stockés et coupés dans le magasin 22, puis colle la feuille sur les mandrins à l'aide d'un ruban adhésif. Les mandrins sont placés entre les rouleaux porteurs. Ces rouleaux, mis en mouvement par le moteur 24 et le réducteur 23 entraînent la feuille par adhérence. Un rouleau presseur appuie sur la bobine et génère la pression de contact suffisante pour que la feuille soit enroulée. Le frein 25 couplé à l'axe du dévidoir permet de donner la tension nécessaire à la feuille et d'obtenir la dureté souhaitée pour les bobines filles.

En sortie de la bobineuse est implanté un déchargeur de bobines filles qui est en position relevée afin de protéger les opérateurs. À la fin du bobinage, les bobines sont éjectées de la bobineuse par une traverse horizontale 19 et sont récupérées dans la pelle du déchargeur. Des vérins hydrauliques implantés en fosse assurent le basculement de la pelle qui touche le sol avec choc afin d'assurer le démarrage des bobines.

L'étude portera plus particulièrement sur la bobineuse et l'ascenseur de rouleaux d'enroulage.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Données générales :

Laize de la machine :	$L = 3600 \text{ mm}$
Grammage de la pâte produite :	$g = 900 \text{ g.m}^{-2}$
Siccité à l'enrouleuse :	$s = 92,5\%$
Vitesse de marche du presse pâte :	$V_p = 150 \text{ m.mn}^{-1}$
Production journalière de pâte :	$P_j = 600 \text{ t.j}^{-1}$

Fonctionnement de l'usine :

Travail 24h/24 (3 factions de 8h)

Arrêt annuel de 10j

Enrouleuse non-stop à cylindre :

Diamètre max. des enrouleurs :	$D_e = 3200 \text{ mm}$
Vitesse d'enroulement :	$V_e = 150 \text{ m.mn}^{-1}$
Tension de la feuille de pâte à l'enrouleuse :	$t_e = 60 \text{ daN.m}^{-1}$
Densité de la pâte à l'enrouleuse :	$d_{pe} = 0,64$
Diamètre des tambours d'enrouleur :	$D_{te} = 560 \text{ mm}$
Masse du tambour d'enrouleur vide :	$M_{te} = 1600 \text{ kg}$
Moteur d'entraînement : à courant continu :	$P_{enr} = 27 \text{ kW à } N = 1630 \text{ trs.mn}^{-1}$

Bobineuse :

Tension max. de la feuille de pâte au bobinage :	$t_{mb} = 560 \text{ daN.m}^{-1}$
Vitesse max. de bobinage :	$V_b = 800 \text{ m.mn}^{-1}$ avec une tension $t_b = 350 \text{ daN.m}^{-1}$
Durée d'accélération (de 0 à 800 m.mn^{-1}) :	$T_a = 15 \text{ s}$
Durée du freinage (de 800 m.mn^{-1} à 0) :	$T_f = 9 \text{ s}$
Diamètre max. des bobines filles :	$D_{mb} = 1500 \text{ mm}$
Diamètre des mandrins de bobinage (en carton) :	$d = 126 \text{ mm (6 pouces)}$
Moteur d'entraînement :	$P_{bob} = 180 \text{ kW à } N = 2000 \text{ trs.mn}^{-1}$

Pour indication :

Groupes hydrauliques :

Enrouleuse :	Pompes à pistons : débit 46 L.mn^{-1} à une pression de 100 bar $P = 2 \times 9 \text{ kW}$
Zone de transfert :	Pompes à pistons : débit 46 L.mn^{-1} à une pression de 100 bar $P = 2 \times 9 \text{ kW}$
Bobineuse :	Pompes à pistons : débit 30 L.mn^{-1} à une pression de 120 bar $P = 2 \times 9 \text{ kW}$

Air comprimé :

Pression :	$0,5 \text{ MPa}$
Débit (air détendu) :	$2 \text{ m}^3.\text{mn}^{-1}$
Consommation :	$7,5 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$

DT5

FORMULAIRE

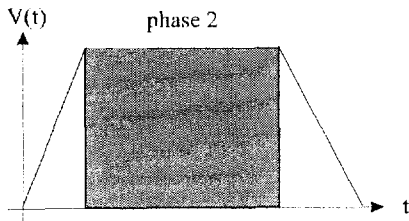
CINÉMATIQUE

Équations générales du mouvement de translation :

$$\begin{cases} a = Cte \\ V = at + V_0 \\ x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0 \end{cases}$$

Avec :
 a : accélération en $m.s^{-2}$
 V : vitesse en $m.s^{-1}$
 x : distance parcourue en m
 $V_0 ; x_0$: conditions initiales

Exploitation du graphe des vitesses :



Distance parcourue (en m) pendant la phase 2 :

C'est l'aire de la surface ombrée avec :
 V en $m.s^{-1}$ et t en s

DYNAMIQUE

Moment d'inertie de la masse de papier enroulé sur la bobine mère :

$$J_{P,Oz} = \frac{1}{8} M (D_e^2 + D_w^2)$$

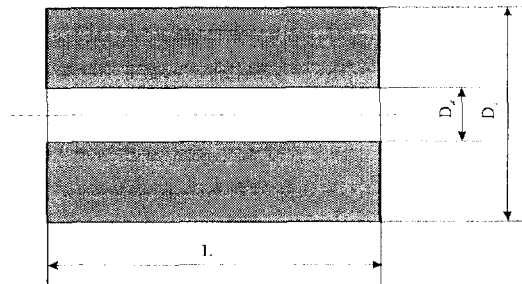
Avec :

$J_{P,Oz}$ en $kg.m^2$

M : masse de papier enroulé en kg

D_e : diamètre extérieur de l'enrouleur en m

D_w : diamètre du tambour d'enrouleur en m



Principe fondamental de la dynamique appliqué à un solide en rotation autour d'un axe fixe :

Équation des moments dynamiques projetée sur l'axe de rotation Oz :

$$M_{Oz, Fmoteurs} - M_{Oz, Frésis\ tantis} = J_{S,Oz} \times \omega'$$

DONNÉES DE PRODUCTION

Le tableau ci dessous rassemble les résultats de 12 cas d'exploitation de la bobineuse pour deux types de pâte. Chaque cas correspond à un enrouleur. La traduction graphique est donnée sans échelle précise.

Hypothèse : on supposera que pour un enrouleur donné, les levées (une levée correspond à l'enroulement d'une bobine fille) sont identiques.

Conditions de production :

Production 24h/24.

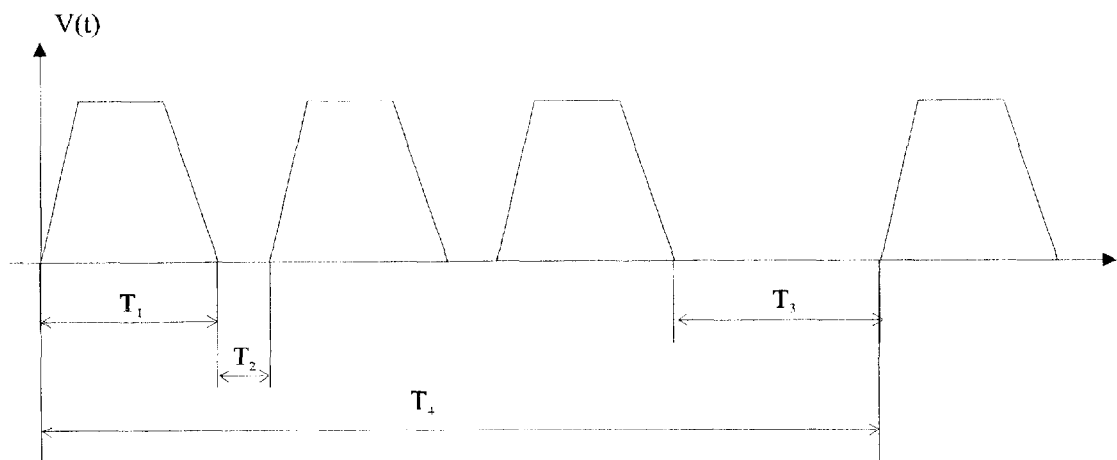
Pour chaque faction de 8h, il faut prévoir les arrêts de production à la bobineuse suivants :

- pause casse croûte : 30 mn
- changement de faction : 15 mn (ces 15 mn comprennent la prise de faction et la fin de faction)

Tableau « Relevé de production » :

Bobine mère n°	Pâte	Diamètre de l'enrouleur	Diamètre du mandrin	Masse de pâte par levée	Nombre de levées	Temps de bobinage par levée	Temps mort	Temps nécessaire au changement d'enrouleur
Unité		mm	mm	10 ³ kg		s	s	s
1	1	2540	560	1,71	6	78	67	240
2	1	2540	560	2,57	4	109	67	240
3	1	2300	560	4,2	2	160	67	240
4	1	3100	560	1,68	9	77	67	240
5	1	3100	560	2,52	6	107	67	240
6	1	3150	560	4,28	4	157	67	240
7	2	2540	560	1,2	6	60	67	240
8	2	2540	560	1,8	4	81	67	240
9	2	2300	560	2,93	2	122	67	240
10	2	3100	560	1,17	9	59	67	240
11	2	3100	560	1,76	6	80	67	240
12	2	3150	560	2,73	4	115	67	240

Allure du graphe des vitesses du cycle de bobinage :



Attention : ce graphe n'est pas à l'échelle

- T_1 : durée du bobinage d'une levée T_2 : temps mort pour la préparation de la levée suivante
 T_3 : durée de la phase de changement d'enrouleur et préparation pour la première levée
 T_4 : durée totale du cycle de bobinage d'un enrouleur

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
INDUSTRIES PAPETIÈRES**

ITANA

Session 2000

**ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE
DES SYSTÈMES**

**SOUS EPREUVE U41
DOSSIER SUJET**

Documents DS1 à DS3
Documents DR1 à DR3

Durée: 3 heures
dont 20 mn de lecture du sujet

**Répondre à cette partie sur feuille de copie normalisée
Les documents réponse DR1 à DR3 seront impérativement rendus avec
les feuilles de copie**

Hypothèse :

- on se place dans le cas de production n°6

Données :

- Document DT3 : plan d'ensemble du bout de ligne
- Document DT4 : texte de description
- Document DT6 : données de production
- Organisation du travail : 3 factions de 8 heures avec arrêt de la bobineuse de 15 mn au changement de faction et pause « casse-croûte » de 30 mn à chaque faction.

Questions :

A1) En vous aidant du document DT4, compléter la nomenclature sur le document DR1.

A2) A partir du document DT2, identifier la matière d'œuvre principale, la valeur ajoutée ainsi que les données de contrôle à partir de la SADT niveau A-0

A3) A partir des essais réalisés sur la bobineuse définis sur les documents DT6, vérifier que la capacité de production de 600 t/j est validée pour le cas de production n° 6.

Hypothèses :

- l'étude porte sur le cas n°6 de production présenté sur le document DT6
- les accélérations et décélérations sont supposées constantes.

Données :

- durée de la phase de démarrage de la bobine : $T_a = 15s$
- durée de la phase de freinage (jusqu'à l'arrêt) en marche normale: $T_f = 9s$
- durée de la phase d'arrêt de la bobine en cas de casse : $T_{fu} = 4s$
- La vitesse de marche de la feuille est $V_b = 800 \text{ m.mn}^{-1}$
- Document DT7

Questions :

B1) Calculer l'accélération a_a de la phase de démarrage et les décélérations de la phase de freinage en marche normale a_f et en cas de casse a_{fu} .

B2) A partir des résultats de la question précédente et du document DT5 compléter sur le document réponse DR2 le graphe des vitesses correspondant au cas de production n°6.

B3) On se place dans le cas d'une casse de la feuille. En vous aidant du graphe des vitesses ou des équations du mouvement (voir DT7), déterminer la longueur de papier dévidé qui devra être repris par le pulpeur à cassés. En déduire la masse de pâte à retraiter. Les normes de sécurité limitent à 20 kg la masse de papier que peut transporter, en la tirant, une personne. Le bobineur aura-t-il besoin d'aide ?

Hypothèses :

- L'étude suivante concerne toujours le cas n°6
- L'étude suivante concerne la première levée, c'est à dire que la bobine mère est pleine (diamètre extérieur $D_e = 3150$ mm).
- On considère que durant la phase de démarrage le diamètre de la bobine mère reste constant et égal à D_e .
- Le frein n'agit pas durant la phase de démarrage.
- Les frottements au niveau des paliers sont négligés

Données :

- Diamètre extérieur d'un tambour d'enrouleur : $D = 560$ mm
- Durée de la phase de démarrage : $T_a = 15$ s
- Vitesse atteinte à la fin de la phase de démarrage : $V = 800$ m.mn⁻¹
- Tension de la feuille préconisée par le constructeur: $t = 350$ daN.m⁻¹
- Laize de la feuille : $L = 3600$ mm
- Densité du papier à la bobineuse: $d = 0,63$
- Document DT 7

Questions

C1) A partir des données ci dessus, calculer la masse de papier enroulé sur une bobine mère.

C2) En vous aidant du document DT7, calculer le moment d'inertie $J_{P,Oz}$ de la masse de papier enroulé sur la bobine mère autour de son axe de rotation.

C3) Calculer en rad.s⁻¹ la fréquence de rotation ω_a de la bobine à la fin de la phase de démarrage.

C4) En déduire l'accélération angulaire ω'_a de la bobine mère.

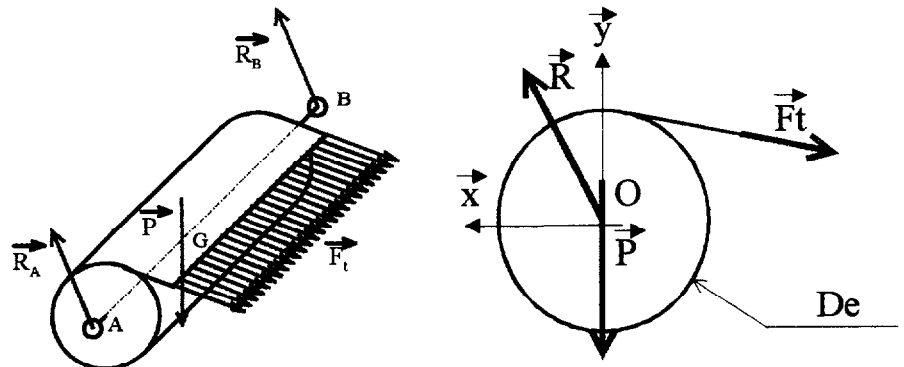
Le moment d'inertie trouvé à la question C3 n'est pas le seul à intervenir. Afin de prendre en compte toutes les inerties (tambour de frein, rouleaux de renvoi, déplisseurs, ...) nous appellerons J le moment d'inertie global ramené sur l'axe Oz du dévidoir. Pour la suite du problème, et quelque soit le résultat trouvé à la question C4, on prendra: $\omega'_a = 0,6$ rad.s⁻² et $J = 30000$ kg.m².

Une modélisation spatiale de la bobine est donnée. Afin de simplifier l'étude, nous adopterons la modélisation plane suivante sur laquelle :

$\vec{F}_t$ représente l'effort de tension agissant sur la feuille.

$\vec{P}$ représente le poids de la bobine

$\vec{R}$ représente la réaction au niveau des paliers (résultante de $\vec{R}_A$ et $\vec{R}_B$)



C5) En appliquant le principe fondamental de la dynamique à la bobine mère modélisée ci dessus, déterminer la tension à appliquer à la feuille pour assurer son entraînement pendant la phase de démarrage. Il suffit d'écrire l'équation des moments autour de l'axe de rotation de la bobine mère.(voir DT7)

C6) Vérifier que la tension obtenue est compatible avec celle préconisée par le constructeur.

Dans cette étude, on se propose de déterminer, en vue de les commander, les caractéristiques dimensionnelles des vérins hydrauliques actionnant le bras de transfert (voir document DR3)

Hypothèses :

- toutes les liaisons se font sans frottement
- l'étude sera faite avec un enrouleur plein.
- Le vérin travaille en traction (quand la tige rentre).
- Le risque de flambage n'existant pas, on choisira, pour un alésage de vérin donné, la tige de plus petit diamètre.

Données :

- géométrie : voir le document DR3 à l'échelle 1:35
- Pression disponible $p = 100$ bar (voir document DT5)
- Débit disponible à la pompe : $q = 46 \text{ L.mn}^{-1}$ (voir document DT5)
- Effort de traction maximum nécessaire par vérin : $F_t = 2000 \text{ daN}$

Questions :

- D1) Sur le document DR3, tracer la position du bras de transfert lorsque l'enrouleur est en position P_f
- D2) En déduire la course c du vérin.
- D3) Déterminer l'aire de la section nécessaire à l'obtention de l'effort de traction du vérin.
- D4) Remplir sur le document DR3 le tableau des sections d'après les données du fabricant de vérins
- D5) En déduire les dimensions à choisir pour l'alésage et pour le diamètre de tige
- D6) La durée nécessaire pour la rentrée totale de la tige est 15s. Calculer le débit nécessaire pour assurer ce mouvement.

NOMENCLATURE

Document réponse associé à la question A1)

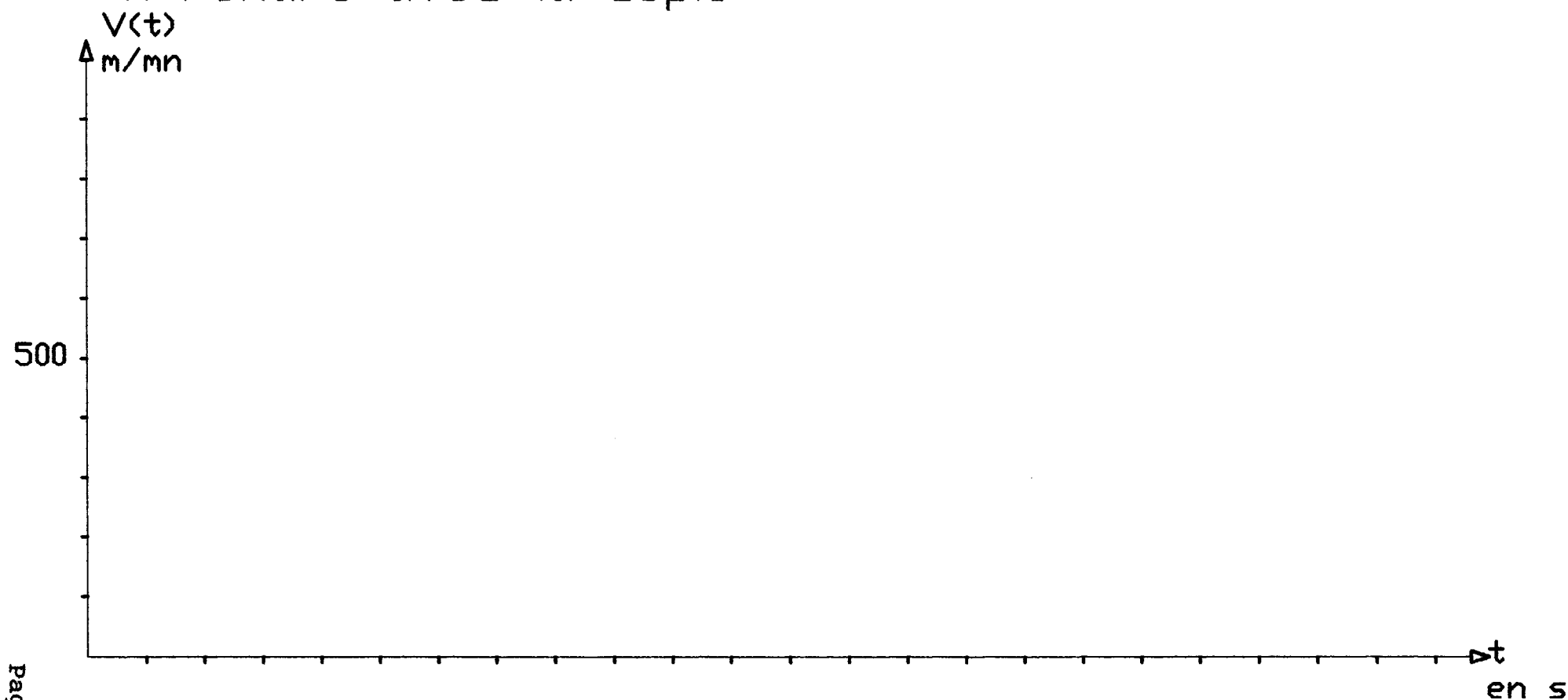
29	
28	
27	Moteur de positionnement angulaire sur le dévidoir
26	Crabot à embrayage automatique
25	Tambour de frein
24	Moteur de bobineuse
23	Réducteur à deux sorties parallèles
22	Magasin de mandrins
21	Dispositif de coupe en long
20	Presse d'embarquement basse de bobineuse
19	Éjecteur de bobine
18	
17	
16	
15	Capteur de tension de feuille
14	Presse d'embarquement haute de bobineuse
13	Rouleau amortisseur
12	
11	
10	Glissières de roulement
9	Bras de transfert
8	
7	
6	
5	Butée hydraulique
4	Leviers de maintien
3	Bras primaires
2	Presse d'embarquement de l'enrouleuse
1	Feuille
Rep	Désignation

BTS industries papetières

Epreuve U41

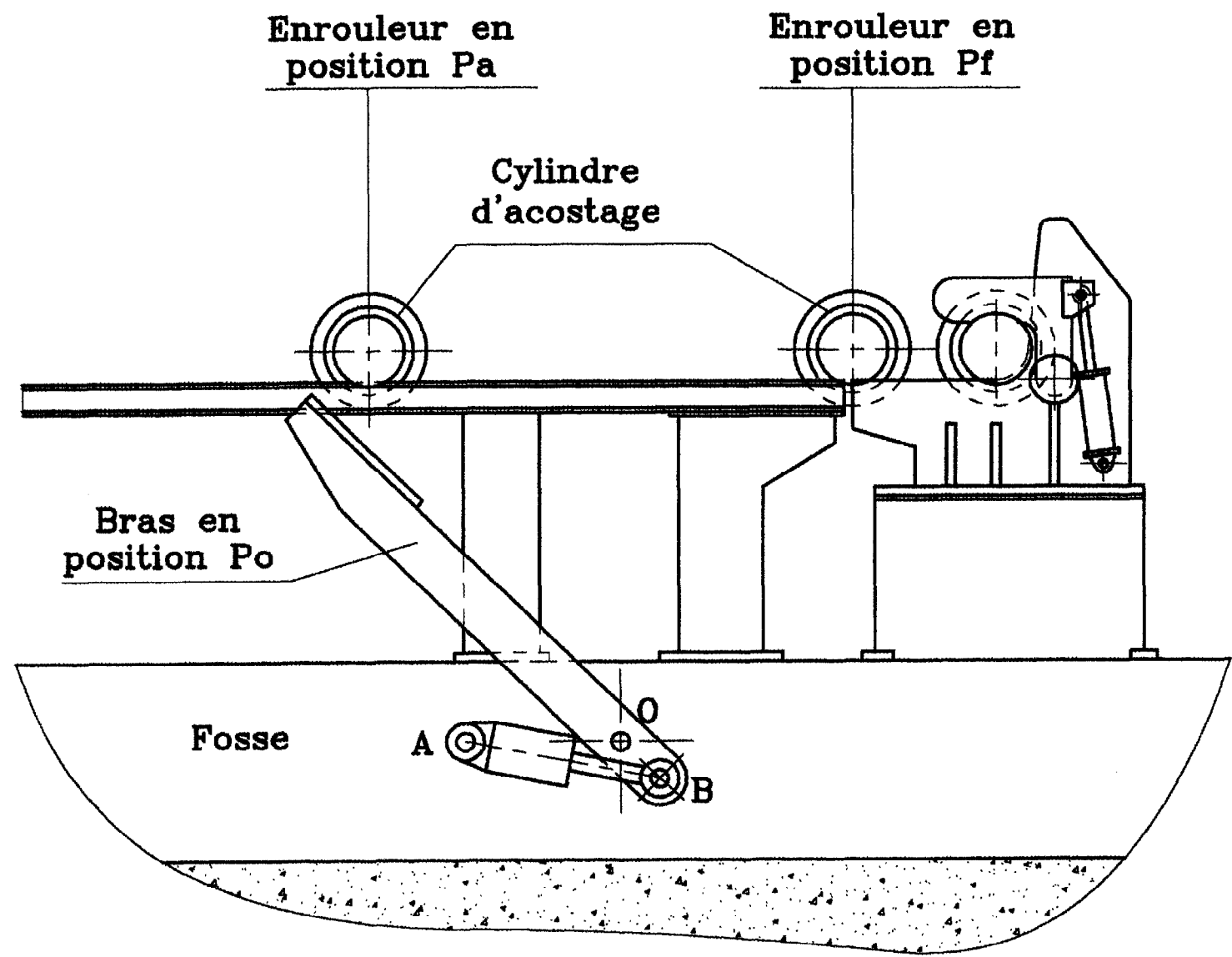
Document réponse DR2

A rendre avec la copie



Question D1):

Position P0: position de repos du bras
Position Pa: position d'acostage de l'enrouleur
Position Pf: position finale du bras



Question D2):

Question D3):

Question D4):

ϕ d'alésage (en mm)	32	40	50	63	80	100
ϕ de tige (en mm)	18	22	28	36	45	56
	22	28	36	45	56	70
Section (en mm ²)						



Question D5)

Question D6)

Référence	Quantité	Titre/Nom, dénomination, matériel, dimensions, etc.			No. d'article/Référence	
Dessiné par		Vérifié par	Approuvé par - date	Nom de fichier	Date	Echelle 1:35
B.T.S. Industries Papetières			Epreuve: A.F.S.S.			
			Sous épreuve: U41		Edition	Feuille No. DR3