

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR DES INDUSTRIES PAPETIÈRES

---

## Session 2005

Options :

Production des pâtes, papiers et cartons.

Transformation des papiers et cartons.

ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE  
DES SYSTEMES

## 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 DT8  
Le dossier sujet documents DS1 à DS6

Les documents DS1 à DS6  
devront **impérativement** être rendus avec la copie.

**Durée de l'épreuve : 3h.**

**Aucun document autorisé.**

- La calculatrice de poche à fonctionnement autonome, non-imprimante, est autorisée conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999.

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 1/17

# DOSSIER TECHNIQUE.

<b>DT1</b>	<b>Support de l'épreuve</b>
<b>DT2</b>	<b>Représentation fonctionnelle S.A.D.T.</b>
<b>DT3</b>	<b>Constituants de la vanne de grammage</b>
<b>DT4</b>	<b>Caractéristiques générales</b>
<b>DT5</b>	<b>Courbes caractéristiques</b>
<b>DT6</b>	<b>Principe du réducteur P.I.V.</b>
<b>DT7</b>	<b>Circuit hydraulique</b>
<b>DT8</b>	<b>Pertes de charge</b>

<b>BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES</b>	<b>SUJET</b>	<b>Session 2005</b>
<b>Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme</b>	<b>Durée : 3 heures</b>	<b>Coefficient : 2,5</b>
<b>CODE : ITANA</b>		<b>Page 2/17</b>

# SUPPORT DE L'ÉPREUVE.

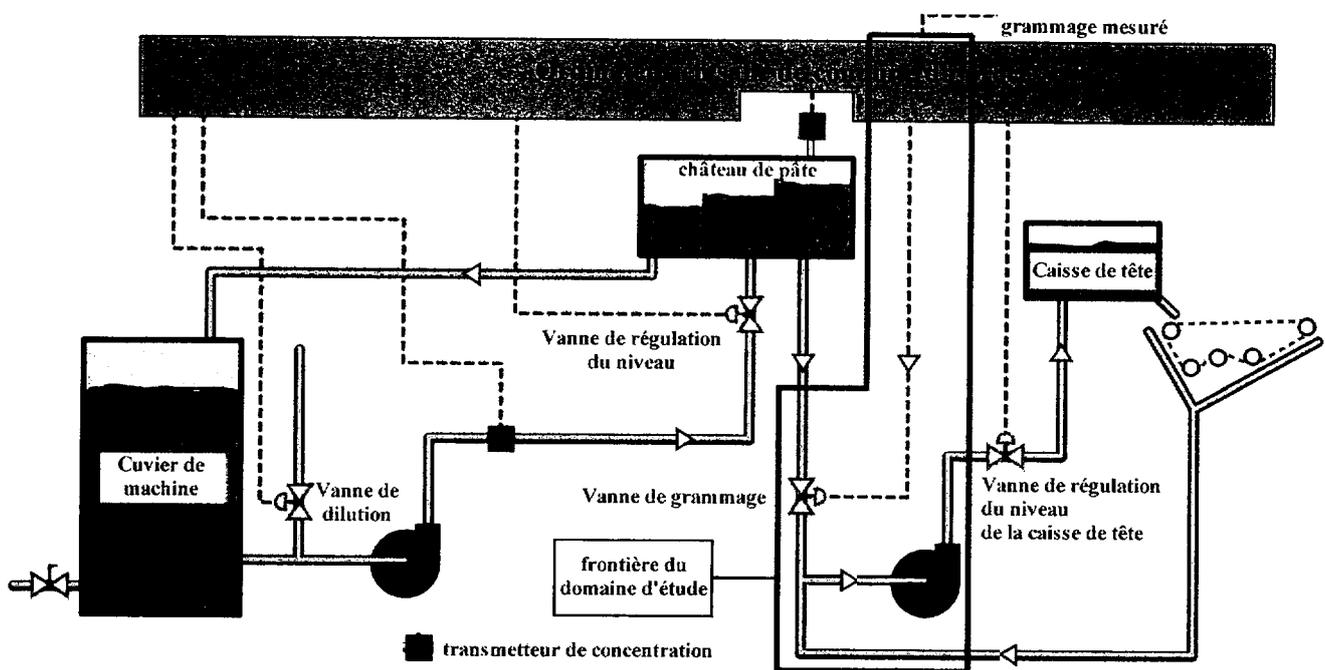
Le système technique étudié est une vanne de grammage implantée en amont de la caisse de tête d'une machine à papier ou d'un presse pâte.

Elle a pour but d'autoriser le passage de pâte provenant du cuvier machine à destination de la caisse de tête. Cette pâte est mélangée avec les eaux blanches récupérées sous la table de formation de la feuille.

Le paramètre permettant de régler l'ouverture de la vanne de grammage est le grammage effectif du papier, mesuré en fin de table de formation de la feuille.

La vanne de grammage étudiée est équipée d'un actionneur électrique modulaire qui, par un ensemble de réducteurs confère à la vanne une résolution très élevée.

Son implantation dans le process papetier peut être définie par le schéma suivant :



DT1

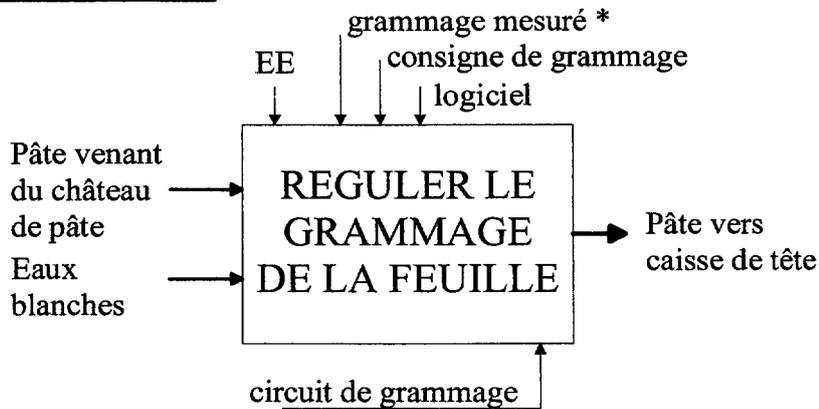
BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 3/17

# REPRÉSENTATION FONCTIONNELLE S.A.D.T.

Frontière de l'étude : à partir de l'installation de base, on définit la frontière du domaine d'étude.

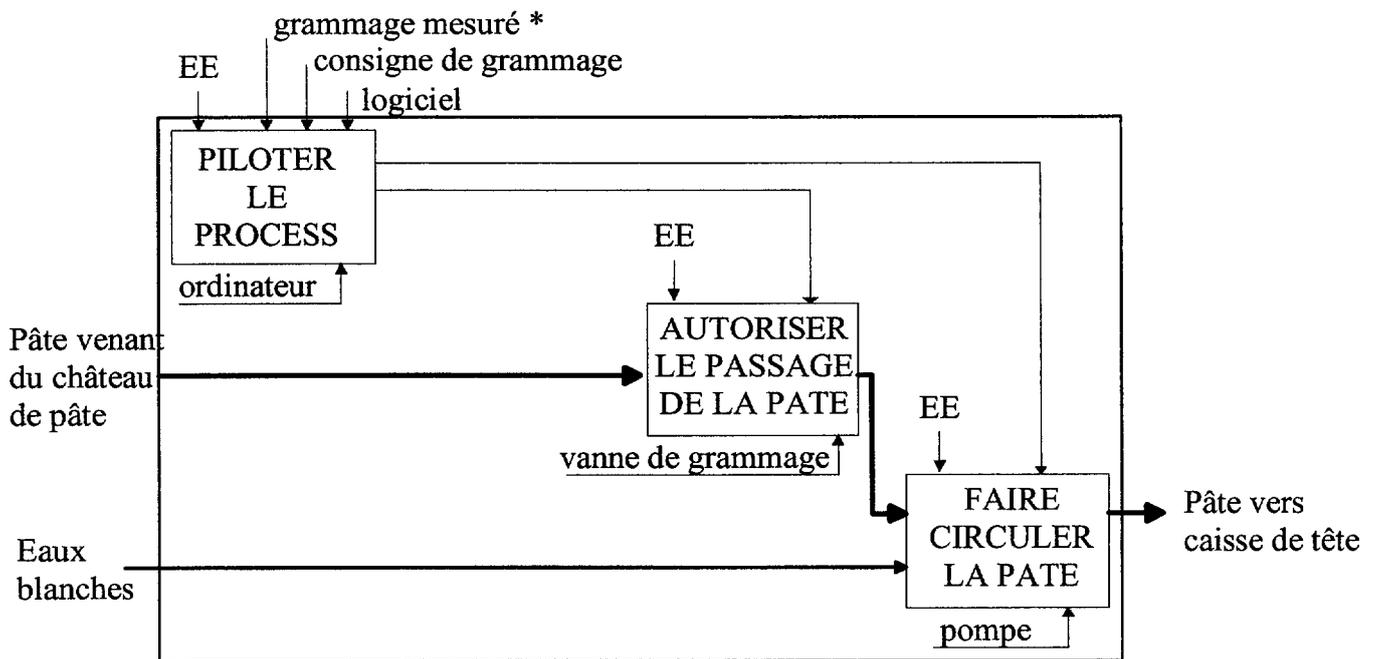
Les diagrammes ci dessous donnent une représentation fonctionnelle SADT niveau A-0 et A0 du système défini par sa frontière.

## Représentation SADT niveau A-0 :



\* : le grammage est mesuré après la formation de la feuille.

## Représentation SADT niveau A0 :



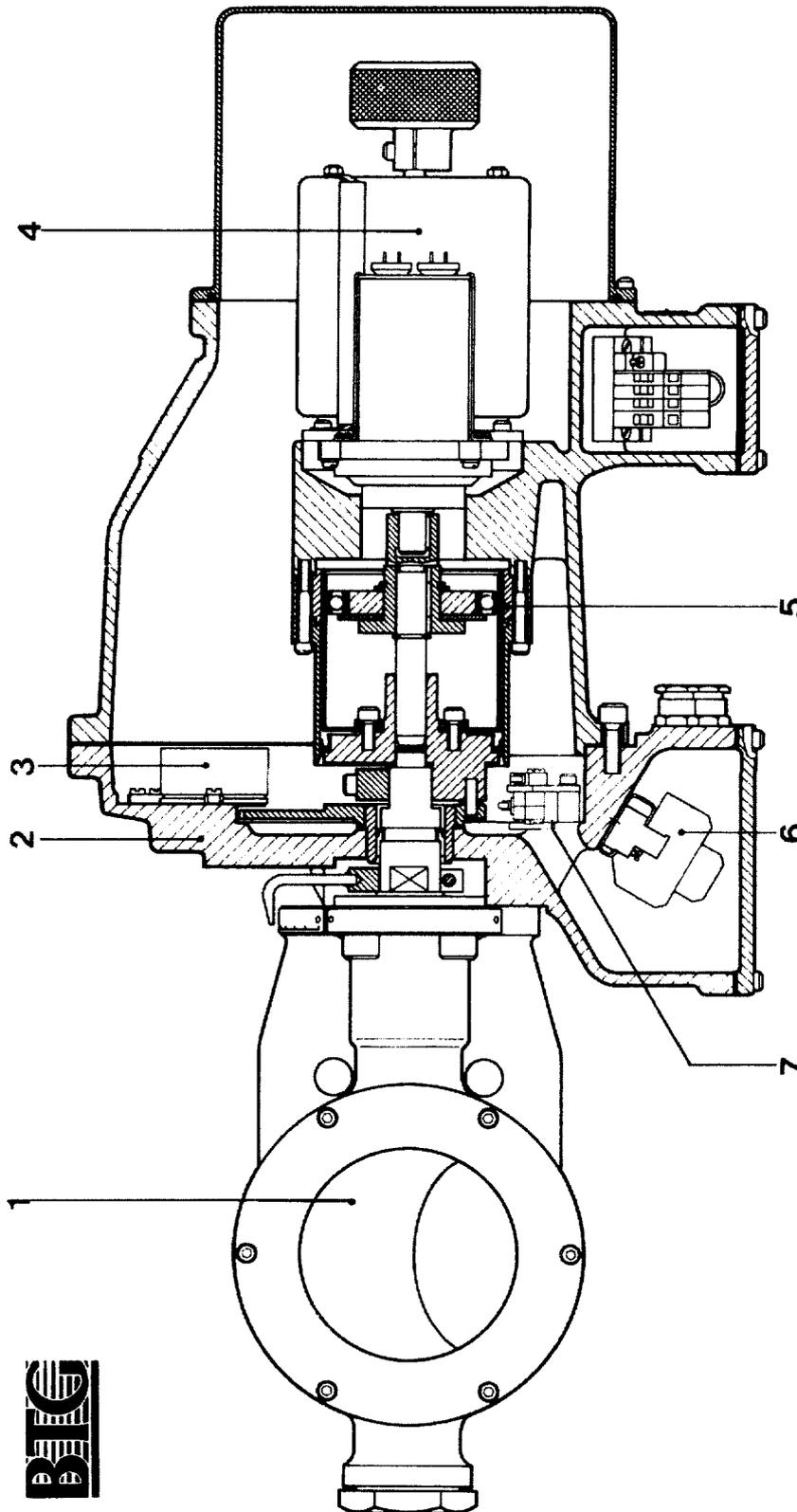
\* : le grammage est mesuré après la formation de la feuille.

### DT2

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 4/17

# CONSTITUANTS DE LA VANNE DE GRAMMAGE

Une vue en coupe de la vanne de grammage permet de définir les différents organes la constituant :



- 1 Vanne à secteur sphérique
- 2 Servomoteur
- 3 Potentiomètre de précision pour signal de sortie 4 - 20 mA via un transducteur R/I (6)
- 4 Moteur électrique synchrone avec engrenage planétaire - alimentation interne en 110 V c.a.
- 5 Réducteur type Harmonic Drive
- 6 Bornier de raccordement avec transducteur R/I
- 7 Contacts de fin de course



DT3

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 5/17

# CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Les données sont issues du dossier technique constructeur :

Généralités :

La vanne de Grammage VBW-10 est essentiellement conçue pour le réglage précis des débits des pâtes alimentant les machines à papier. Elle peut aussi être utilisée partout où une précision et une résolution élevées sont recherchées.

Haute définition – réglage précis du débit.

Transmission pratiquement sans jeu – haute répétabilité.

Conception robuste et compacte.

La position de la vanne est indiquée numériquement (0-100%) dans la fenêtre du panneau de commande ; elle peut aussi être commandée manuellement par un commutateur ouverture / fermeture.

Prête pour raccordement à un ordinateur ou régulateur.

Installation et raccordement aisés.

## Caractéristiques techniques :

Type	Vanne de grammage VBW-10
Fabriqué par	BTG
Résolution :	> à 5000 :1 longueur d'impulsion de 0,05 s
Jeu typique :	< à 0.01° (< à 0.25 ms)
Frictions de démarrage :	Négligeables
Temps de manœuvre :	260s à 50 Hz ; 217 s à 60 Hz Autres possibilités sur demande
Caractéristique de vanne :	Voir courbe document DT5.
Dimensions :	DN50 à DN350. Le modèle standard de cette vanne est conçu pour permettre un montage entre brides de tuyauterie.
Classe de précision :	PN10 à PN25 selon la taille
Valeur du $C_v$ :	De 130 à 2100 (voir table doc DT5). Valeurs de $C_v$ plus élevées sur demande.

## Matériaux utilisés pour la vanne:

Secteur sphérique et corps :	Acier inoxydable AISI 316 . Le secteur sphérique est chromé dur
Tige :	Acier inoxydable AISI 329 . La tige est chromée dur
Siège :	PTFE / graphique
Presse étoupe :	Joint double avec bague de joint radiale et bague de glissement en PTFE

## Autres données :

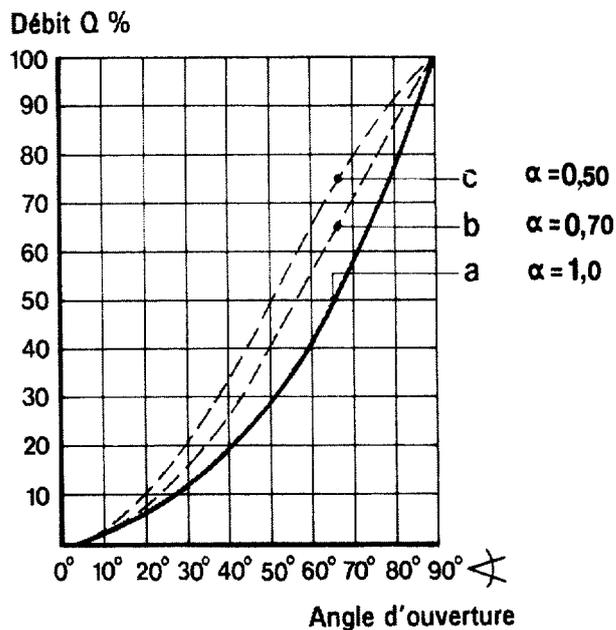
Température du fluide :	200° C max.
Angle d'ouverture :	90°
Servomoteur :	
- matériau :	Corps en aluminium coulé
- protection :	IP55
- accessoires :	Potentiomètre supplémentaire : $0 < R < 1 \text{ k}\Omega$
- poids :	Voir tableau document DT5

DT4

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 6/17

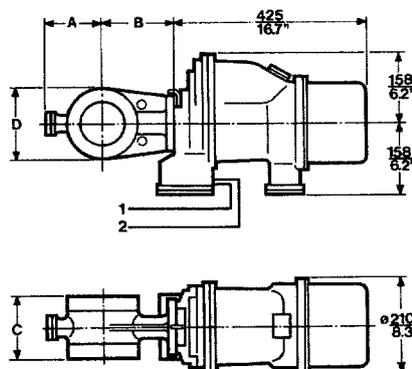
# COURBES CARACTÉRISTIQUES

## Caractéristique de la vanne :



$$\alpha = \frac{\text{perte de charge dans la vanne}}{\text{perte de charge totale dans le circuit}}$$

## Tableau des dimensions, poids et Cv :



Vanne	Dimensions				Passage		Chute de pression max. sur la vanne MPa	Cv		Poids total kg
	DN	A	B	C	D	Ø mm		cm <sup>2</sup>	75°	
50	85	125	100	105	50	19,6	2,5	152	190	21
65	100	144	105	124	65	33,2	2,5	240	350	23
80	110	149	122	144	70	44,2	2,5	330	480	26
100	120	164	140	160	90	63,6	2	460	670	30
150	160	209	190	215	121	115,0	1,7	790	1160	43
200	185	234	243	270	160	200,0	1	1195	1755	62
250	210	274	297	325	195	298,0	1	1675	2460	90

## DT5

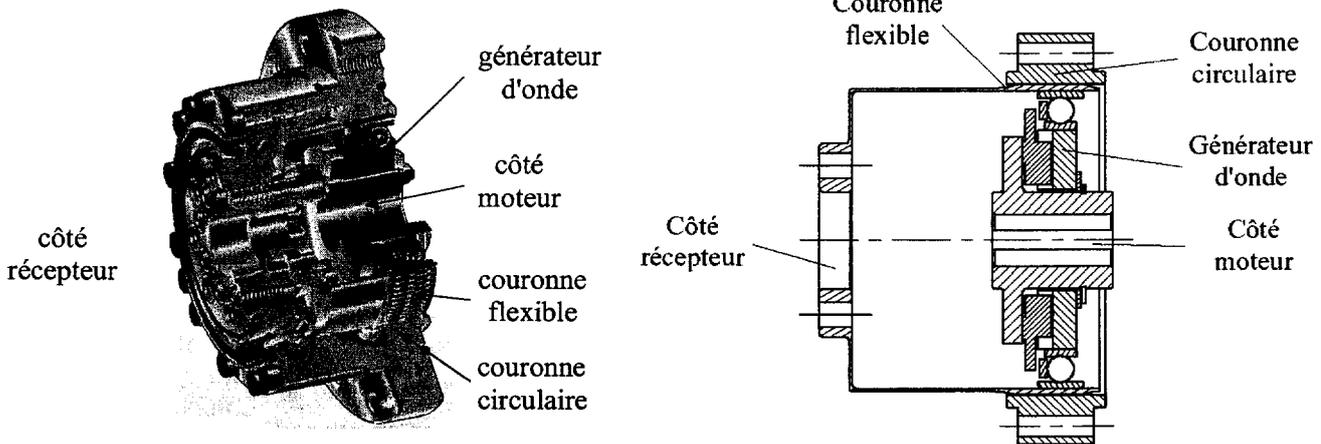
BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 7/17

# PRINCIPE DU RÉDUCTEUR P.I.V.

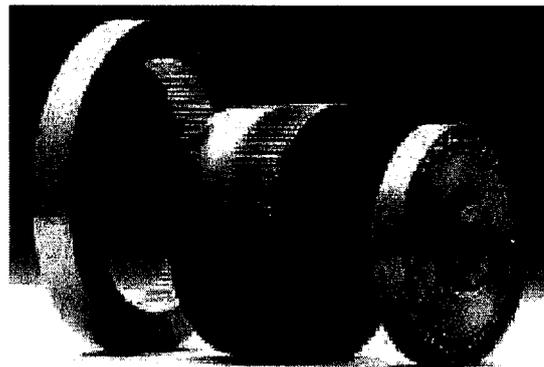
Les réducteurs P.I.V. permettent d'obtenir des rapports de réduction importants sous un faible encombrement. Ils assurent une transmission de puissance avec de très faibles déformations en torsion (quelques minutes d'arc). Ils sont utilisés dans différents domaines comme la robotique, la machine outil, la papeterie, ...

Dans l'industrie papetière, on les rencontre dans les vannes de régulation, les caisses de tête, les cylindres sécheurs, et ont de nombreuses applications dans les machines utilisées en transformation.

## Modèles :



## Constituants :



Couronne circulaire      Couronne flexible      Générateur d'onde

## Principe :

- 1) Le Flexspline (FS) a un diamètre primitif légèrement inférieur à celui du Circular Spline (CS) et a généralement deux dents de moins que celui-ci. Il est déformé par le Wave Generator (WG) elliptique et engrène la denture du CS aux extrémités du grand axe de l'ellipse.
- 2) Dès que le WG est entraîné, la zone d'engrènement se déplace avec le grand axe de l'ellipse.
- 3) Une rotation de 180° du WG entraîne un déplacement relatif d'une dent entre le FS et le CS.
- 4) Après une rotation complète du WG, le FS s'est déplacé, relativement au CS, de deux dents dans le sens opposé.

FS: couronne flexible  
CS: couronne circulaire

WG: générateur d'onde

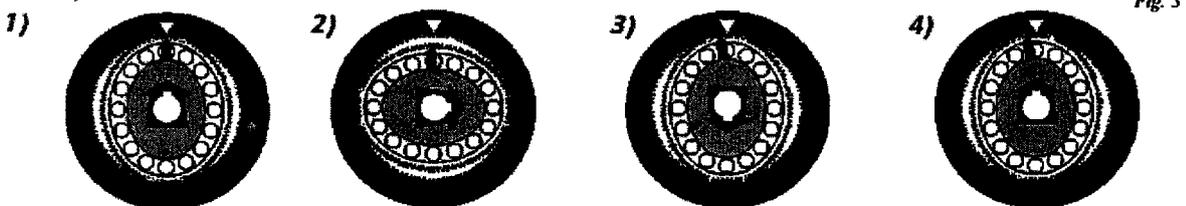


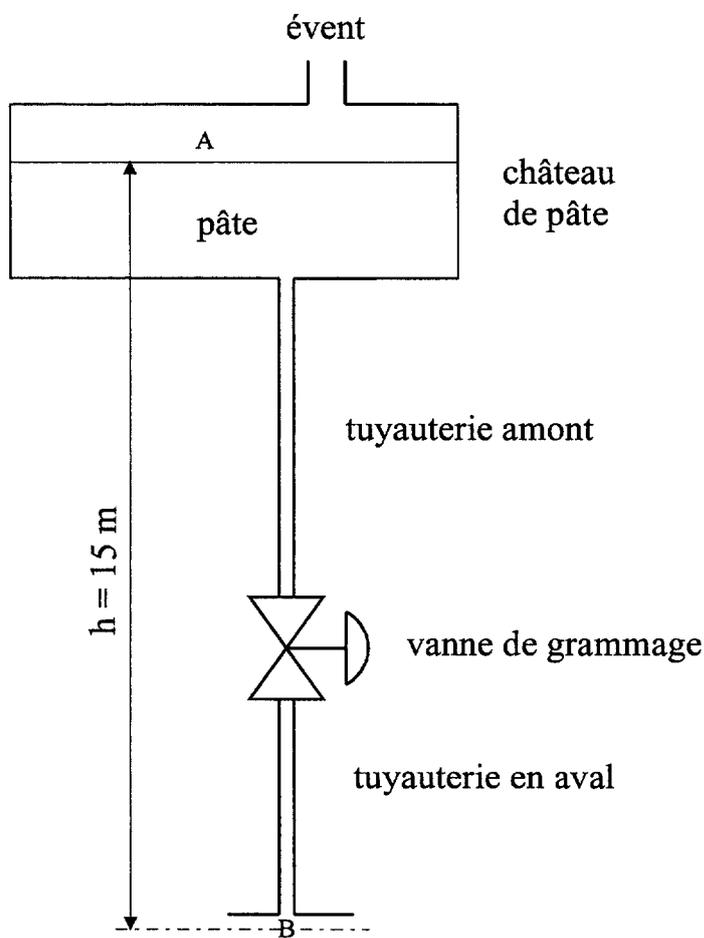
Fig. 3

DT6

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 8/17

# CIRCUIT HYDRAULIQUE

Le circuit hydraulique de la boucle de régulation du grammage est modélisé par le schéma suivant :



Composition de la tuyauterie :

Tuyauterie amont :		Tuyauterie aval	
Tuyau droit DN 150 :	10 m	Tuyau droit DN 150 :	10 m
Coudes à 90° DN 150	5	Coudes à 90° DN 150	2
Vannes d'arrêt	2	Vannes d'arrêt	2
Sortie de réservoir	1	Té DN 150	1

Données complémentaires :

Pression en A :  $P_{atm}$

Débit maximum à assurer dans la boucle :

$$q = 240 \text{ m}^3/\text{h}$$

Concentration de la pâte :

$$c = 3\%$$

Masse volumique de la pâte :

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Accélération de la pesanteur :

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

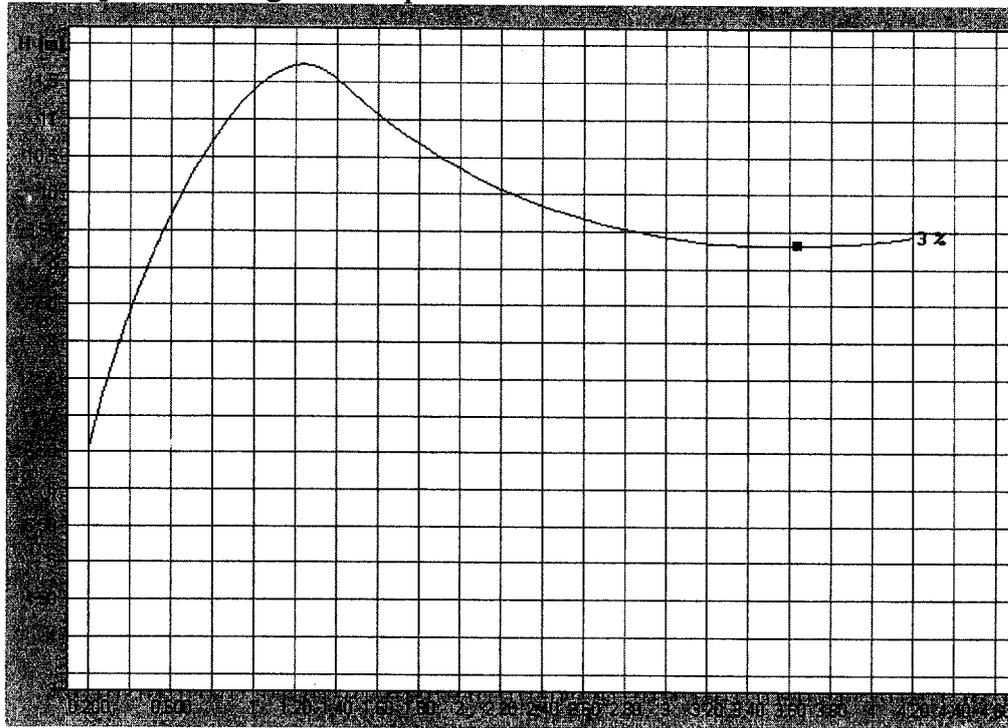
**DT7**

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 9/17

# PERTES DE CHARGE

## Pertes de charge réparties pour 100 m de tuyauterie DN150 :

H = perte de charge en mce pour 100m de canalisation DN 150



Vitesse du fluide dans la canalisation

Remarque : une reproduction de cette courbe vous sera donnée sur le document réponse concerné

## Pertes de charge singulières :

En amont de la vanne:

Sortie du cuvier : à angle vif très aigu	k = 50
Coudes à 90° :	k = 30
Vannes à opercule à brides :	k = 8

En aval de la vanne:

Tuyau inox DN150 droit	
Coudes à 90° :	k = 30
Té :	k = 20
Vannes à opercule à brides :	k = 8

Rappel : utilisation du coefficient de perte de charge k : la longueur de conduite droite équivalente à l'accessoire est :  $L = k \cdot D$

**DT8**

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 10/17

# DOSSIER SUJET

Ce dossier comprend les documents sujet : DS1 à DS6

Tous les documents de ce dossier seront impérativement rendus avec la copie.

Gestion indicative du temps :

Lecture du sujet	30 min
Partie A	30 min
Partie B	60 min
Partie C	60 min

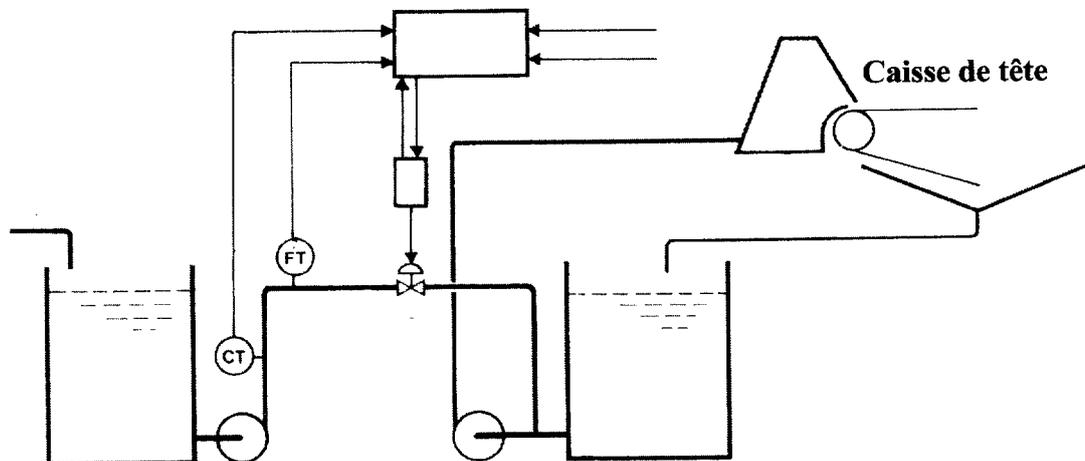
BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 11/17

# A

## ANALYSE FONCTIONNELLE

A1) En vous inspirant de la structure du schéma d'implantation du document DT 1, reporter aux bons endroits les chiffres correspondant aux éléments identifiés dans la nomenclature :

FT : Débitmètre  
 CT : Transmetteur de concentration



- |   |                              |    |   |
|---|------------------------------|----|---|
| 1 | Vanne de grammage            | 6  | Signal de commande à la vanne de grammage |
| 2 | Cuvier de machine            | 7  | Signal de position vers l'ordinateur      |
| 3 | Cuvier d'eaux blanches       | 8  | Ordinateur                                |
| 4 | Information de concentration | 9  | Grammage (valeur effective)               |
| 5 | Information de débit         | 10 | Grammage (valeur de consigne)             |

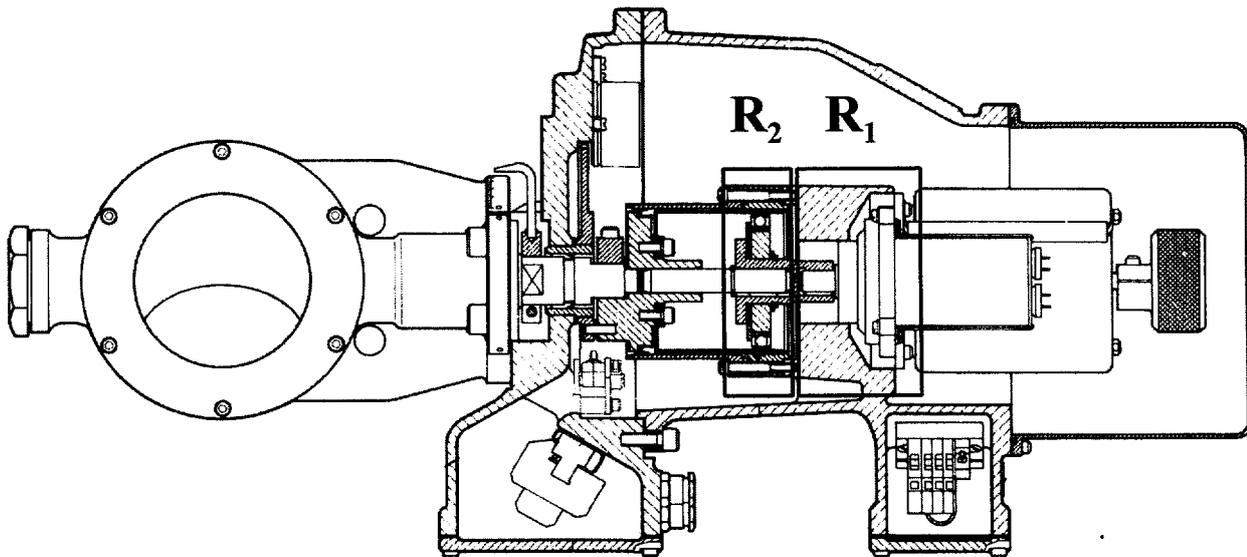
A2) Indiquer par des flèches le sens de circulation du fluide dans les différentes conduites.

DS1

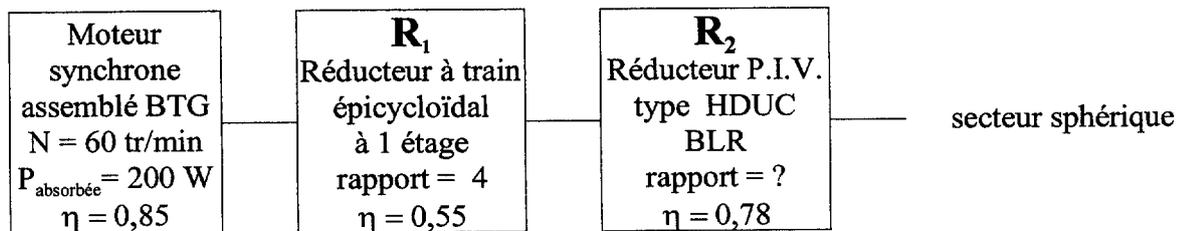
BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 12/17

# B

# CARACTÉRISTIQUES CINÉMATIQUES



On peut modéliser la chaîne cinématique de la vanne par le diagramme suivant :



**B1)** Le client demande une résolution d'au moins 3600 positions par tour. Il dispose d'une commande générant une longueur d'impulsion minimale de 0,06s. Le moteur de la vanne sera alimenté par un courant alternatif à  $f = 50 \text{ Hz}$ .

A partir du diagramme du document suivant, déterminer le cas d'utilisation à choisir (1, 2 ou 3).

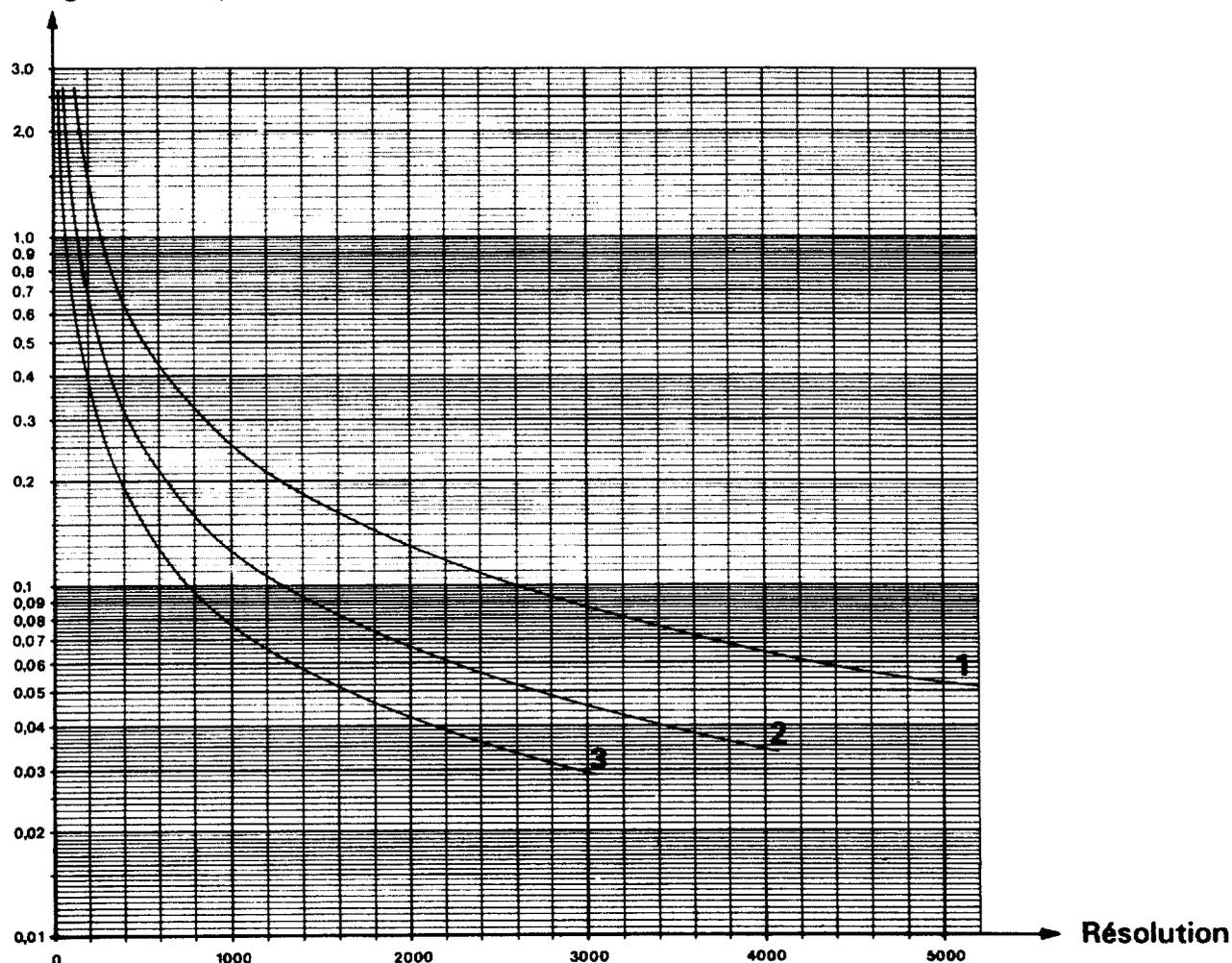
Le diagramme donne (après essais) en ordonnée la longueur d'impulsion en s en fonction de la résolution pour trois temps de manoeuvre :

- 1     260s à 50 Hz ou 217 s à 60 Hz
- 2     131 s à 50 Hz ou 109 s à 60 Hz
- 3     78 s à 50 Hz ou 65 s à 60 Hz

**DS2**

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 13/17

Longueur d'impulsion de commande, s



B2) Connaissant le temps de manœuvre et la vitesse de rotation du moteur, déterminer le rapport de

transmission global de l'appareil  $\frac{N_{\text{moteur}}}{N_{\text{axe vanne}}}$

B3) Pour obtenir les vannes correspondant aux cas 1, 2 ou 3, le constructeur agit sur le choix du rapport du réducteur P.I.V. type HDUC. Déterminer le rapport de transmission que doit avoir le réducteur P.I.V. dans chacun des cas. En déduire la série des variateurs P.I.V. à utiliser.

DS3

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 14/17

**B4)** A partir du tableau ci dessous, indiquer la désignation du réducteur P.I.V. à implanter.  
L'unique critère de choix sera le rapport de réduction.

Type de réducteur		Taille	Rapports de réduction possibles	Options
HDUC	Précision	5	80	Contactez notre équipe technique pour de plus amples informations
	Profil de denture standard	8	50 100	
		11	50 100	
		14	50 88 100 110	
		17	50 72 100	
		20	50 80 100 128 160	
		25	50 80 100 120 160 200	
		32	50 78 100 131 157 200 260	
		40	50 80 100 128 160 200 258	
		50	80 100 120 160 200 242	
		65	78 104 132 158 208 260	
		80	80 96 128 160 194 258 320	
		100	80 100 120 160 200 242 320	

HDUC - 20 - 80 - BLR

**Désignation :**

Cas n°1 :

Cas n°2 :

Cas n°3 :

**DS4**

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 15/17

# C

# DIMENSIONNEMENT DE LA VANNE

La boucle de régulation du circuit sur lequel va être implantée la vanne est définie sur le document DT7.

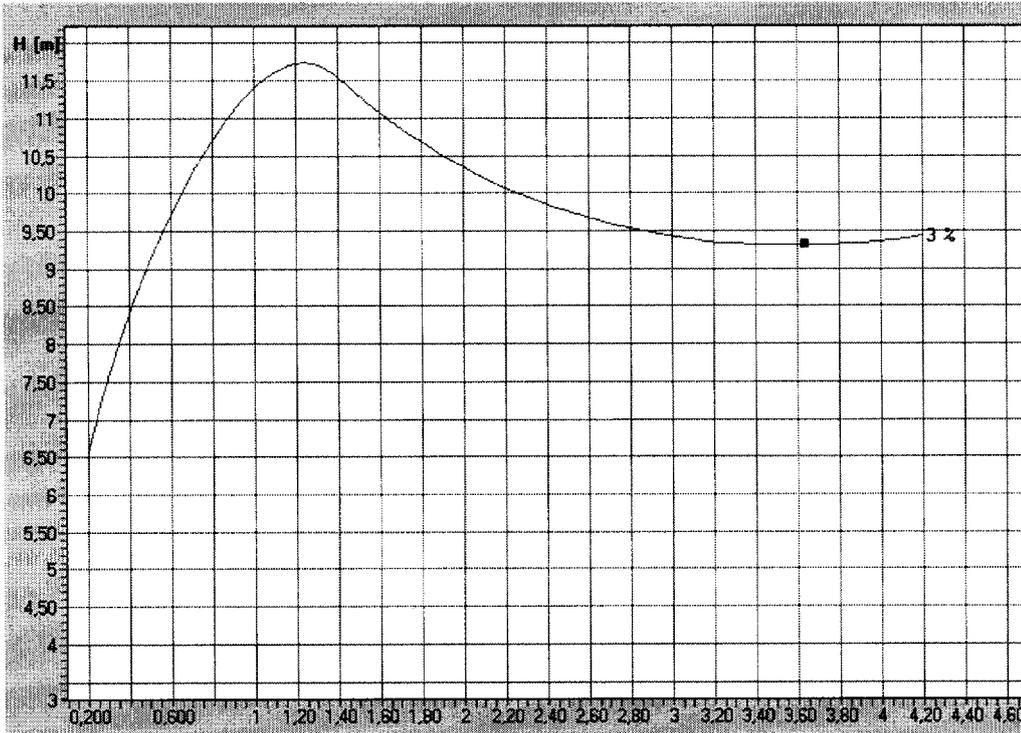
Répondre sur feuille de copie.

**C1)** Déterminer la vitesse de circulation de la pâte dans la tuyauterie pour les valeurs de débit de 120, 160, 200 et 240 m<sup>3</sup>/h.

**C2)** A partir des données du document DT8, déterminer la longueur équivalente de tuyauterie droite associée au circuit de la vanne de grammage.

**C3)** A partir de la courbe ci dessous, déduire en MPa et en mce la perte de charge dans la canalisation pour des débits de 120, 160, 200 et 240 m<sup>3</sup>/h.

H = perte de charge en mce pour 100 m de canalisation DN 150



Vitesse du fluide dans la canalisation en m/s

**C4)** Le concepteur de la vanne préconise pour cette vanne un coefficient

$\alpha = \frac{\text{perte de charge dans la vanne}}{\text{perte de charge totale du circuit}}$  égal à 0,5. En déduire la perte de charge dans la vanne en MPa et en bar pour les débits considérés à la question précédente

**C5)** Déterminer le C<sub>v</sub> maximum calculé noté C<sub>vc</sub> que devra avoir la vanne pour assurer un débit de 240 m<sup>3</sup>/h (débit maximal demandé par le client).

Rappel : 
$$Q_v = 0.865 \times C_{vc} \times \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{vanne}}}{d}}$$

Q<sub>v</sub> : Débit maximum à travers la vanne (m<sup>3</sup>/h)

C<sub>vc</sub> : Coefficient de débit calculé de la vanne

ΔP<sub>vanne</sub> : Pertes de charge dans la vanne (bar)

d : Densité du fluide traversant la vanne. Ici, on prendra d=1.

**DS5**

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 16/17

**C6)** La « rangeabilité » (aptitude au réglage) de la vanne de grammage à caractéristique « égal pourcentage » impose le respect de la condition suivante :  $\frac{C_{vc}}{C_{v\text{ nominal}}} = 0,5$  Ce coefficient correcteur a été défini après essais et analyse du comportement de vannes de même type déjà installées. A partir du tableau des  $C_v$  du document DT5, vérifier que le choix de la vanne valide cette condition.

**C7)** Le constructeur de la vanne conseille, afin d'optimiser la régulation de la vanne, de l'utiliser dans la plage d'ouverture de 30% à 70% du débit maximum. A partir de la relation liant  $Q_v$  et  $C_v$ , déterminer le débit maximum pouvant traverser la vanne .On prendra en compte la condition :  $\frac{C_{vc}}{C_{v\text{ nominal}}} = 0,5$  et on

considèrera que :  $\Delta P_{\text{vanne}} = 0,6 \text{ bar}$

**C8)** Valider du point de vue  $C_v$  le choix de la vanne DN 150 pour un débit d'utilisation de 120 à 240 m<sup>3</sup>/h.

**C9)** A partir de la courbe caractéristique de la vanne sur le document DT5, déterminer l'angle d'ouverture permettant d'assurer un débit de 240 m<sup>3</sup>/h

**DS6**

BTS INDUSTRIES PAPETIÈRES	SUJET	Session 2005
Épreuve U41 – Analyse du Comportement d'un mécanisme	Durée : 3 heures	Coefficient : 2,5
CODE : ITANA		Page 17/17