

TP	LYCEE TECHNIQUE PIERRE EMILE MARTIN - 18 026 BOURGES	
TET	GENIE ELECTROTECHNIQUE	
<u>Durée</u> : 3 h	Fichier: Tp pompe étoile-triangle 10-11	Etude démarrage d'une pompe centrifuge
S.T.I.	Salle des systèmes	
Pré-requis : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Un cours aura lieu au préalable en classe entière sur les différents procédés de démarrage des moteurs triphasés à cage. ✓ Savoir utiliser les appareils de mesure (multimètre, pince multifonctions, oscilloscope à mémoire) 		Objectif : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Dimensionner une pompe et sa motorisation et choisir le mode démarrage (direct ou étoile-triangle)
Période de l'année : Deuxième trimestre		Partie du programme du baccalauréat STI génie Electrotechnique : II.2.3.5. Fonction commander la puissance II.2.3.5.2. Par ondulation d'énergie II.2.3.6 Fonction convertir l'énergie
Centre d'intérêt: Commande de systèmes		
Conditions de réalisation: <ul style="list-style-type: none"> ■ Groupe de 2 élèves. 		Moyens mis en oeuvre : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Dossiers technique et pédagogique. ✓ Maquette départ moteur ✓ Appareils de mesure (pince multifonctions, sonde différentielle atténuatrice, oscilloscope)

Problématique : A partir des caractéristiques techniques de la machine à laver, on vous demande de dimensionner l'une des deux pompes P1 puis de choisir le mode de démarrage (direct ou étoile-triangle) le mieux adapté au contexte.



➤ **Société :**

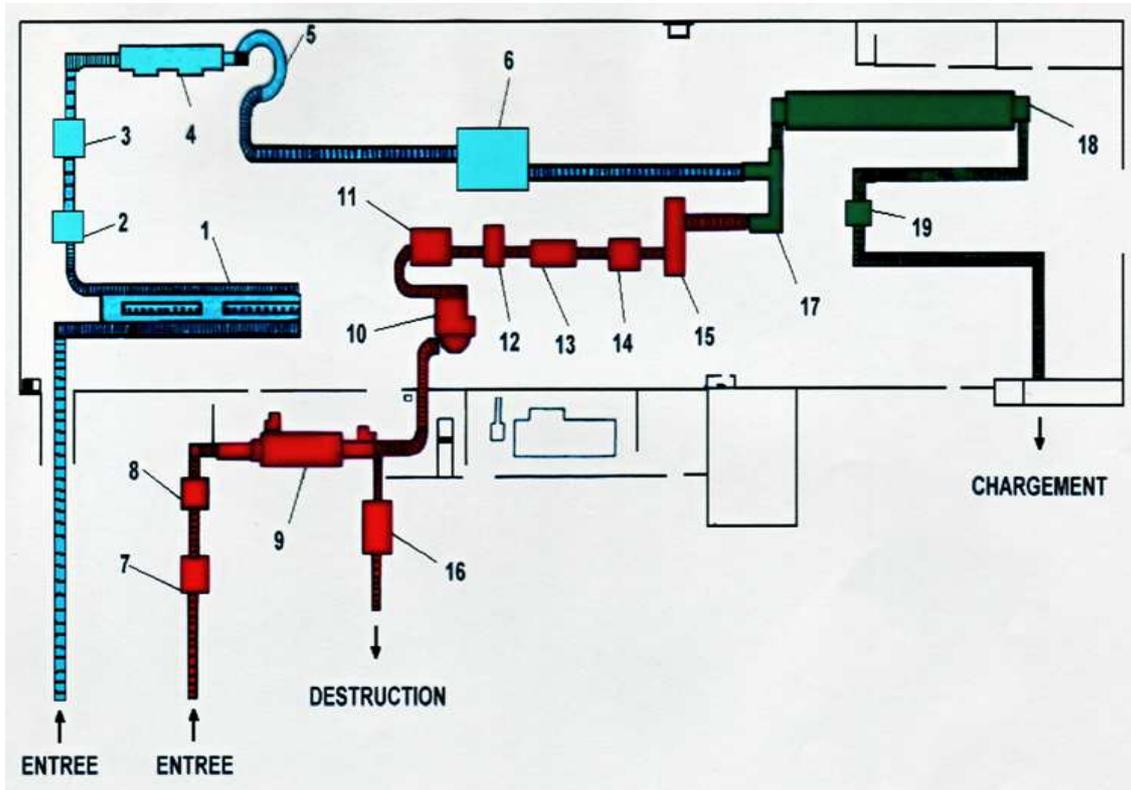
La spécialité de l'entreprise **Blagden Packaging** de Lyon qui emploie une cinquantaine de personnes, est la rénovation des fûts. (Recyclage)

Ce processus nécessite la mise en place de règles strictes.



Le fonctionnement de l'entreprise se base sur deux chaînes de nettoyage :

- celle par **lavage** (en bleu)
- celle par **brûlage** (en rouge)
- Une chaîne de **finition** figurant en vert, sur le plan ci-dessous, correspond à la dernière phase celle où les fûts sont peints puis séchés.



➤ Nomenclature de l'entreprise :

LAVAGE :

- 1 Prélavage
- 2 Reconformeuse de sertis (machine arrondissant le bord des fûts)
- 3 Débosseleuse
- 4 Machine à laver (lavage intérieur)
- 5 Carrousel de séchage
- 6 Grenailleuse (envoi des grains de métal sur les fûts afin d'en enlever la peinture ou le vernis)

BRÛLAGE :

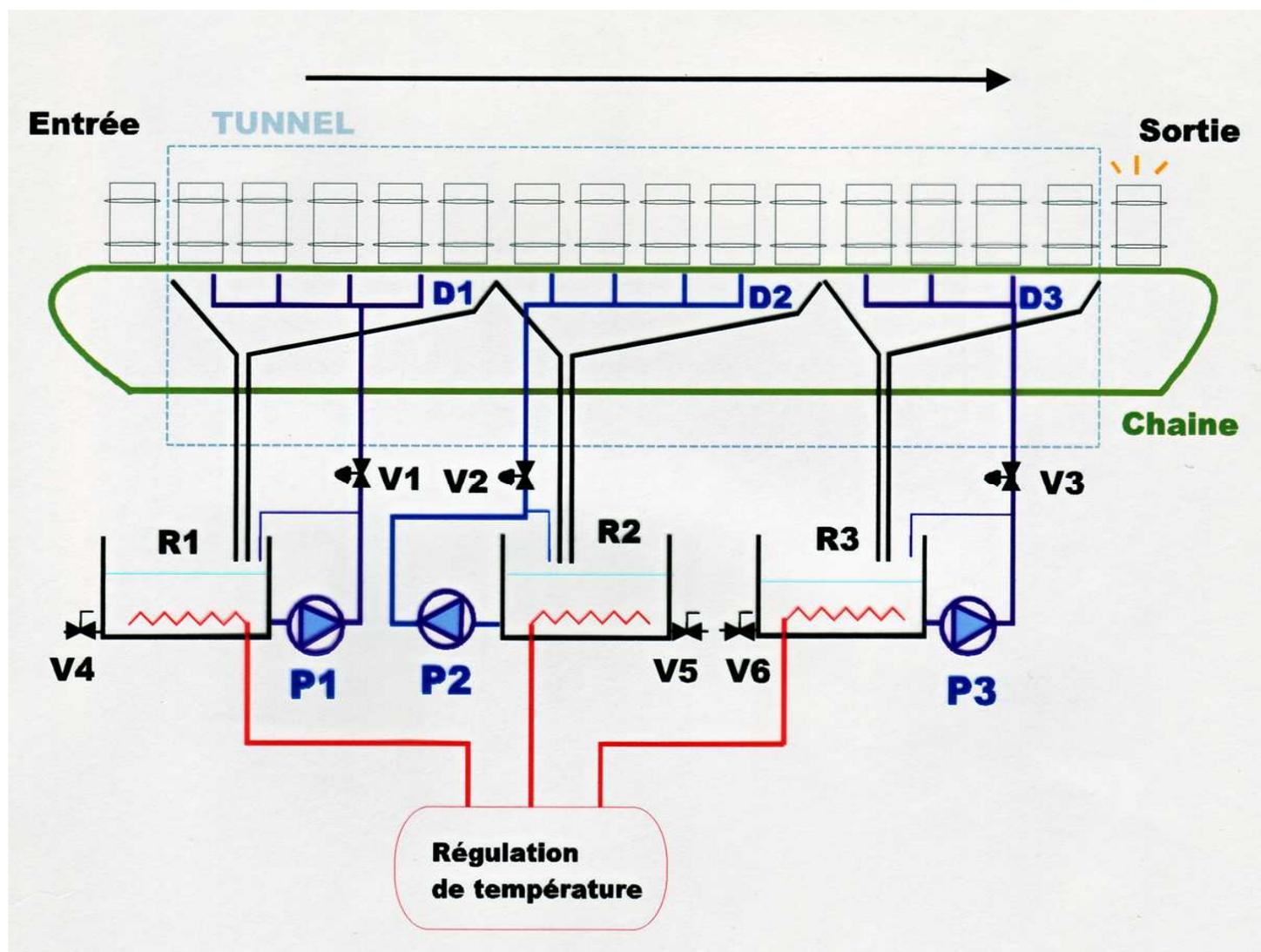
- 7 Reconformeuse de sertis
- 8 Nettoyage
- 9 Four de brûlage

- 10 Grenailleuse
- 11 Vibreur
- 12 Débosseleuse
- 13 Tunnel de passivation (vernissage de l'intérieur des fûts)
- 14 Tombeuse de bord
- 15 Sertisseuse (permet de recouvrir les fûts)
- 16 Presse à écraser

FINITION :

- 17 Cabine peinture
- 18 Etuve de cuisson (permet de sécher les fûts)
- 19 Testeur d'étanchéité

Machine à laver :



Caractéristiques techniques :

▪ Poste de transformation :

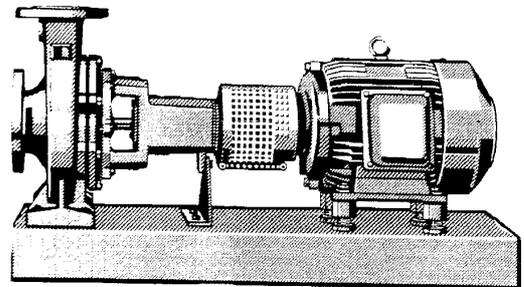
- Primaire HTA : triphasé 20kV f = 50Hz
- Secondaire BTA : TNC triphasé 400V avec f = 50Hz

▪ La machine à laver possède les caractéristiques suivantes pour :

- Les deux blocs de lavage P1 et P2

- ✓ Eau + Soude: 2.5%
- ✓ Température de fonctionnement: 70°C
- ✓ Température maximum: 90°C
- ✓ Débit: 15 m³/h par buse (D1 et D2)
- ✓ D1 : 4 buses*
- ✓ D2 : 4 buses
- ✓ Pression: 3 bars (30 mCE)
- ✓ Fonctionnement non immergé

* Une **buse** est un tuyau de conduit, ou un rétrécissement dans un tuyau.



- Le bloc de rinçage

- ✓ Eau
- ✓ Température de fonctionnement: 70°C
- ✓ Température maximum: 90°C
- ✓ Débit: 10 m³/h par buse (D3)
- ✓ D3 : 3 buses
- ✓ Pression: 3 bars (30 mCE)
- ✓ Fonctionnement non immergé



📄 Travail demandé :

A- Préparation (temps conseillé 1h)

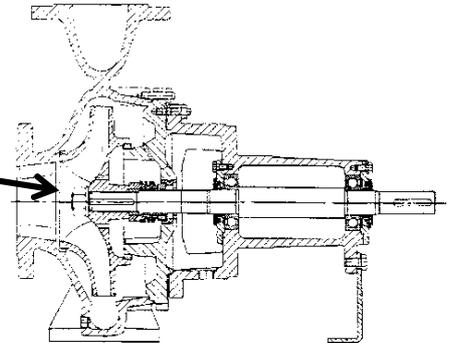
Détermination du groupe motopompe de lavage « P1 » :

1- Choix du type de pompe (voir p 4 et document ressource 1) en fonction du débit total et de la pression.

1-1 Déterminer le débit total en m³/h (compter 4 buses)

1-2 Choisir la référence de la pompe en la justifiant

2- Définir le diamètre de la roue de la pompe (voir document ressource 2).



3- Déterminer la puissance théorique du moteur (voir document ressource 2)

Remarque :

Pour des raisons de fonctionnement il faut appliquer les marges de sécurité suivantes :

- ✓ Jusqu'à 7.5kW : +20%
- ✓ Supérieur à 7.5kW : +15%

4- Définir la référence du moteur, sa tension et sa puissance normalisée en la justifiant (voir document ressource 3)

5- On a choisi un moteur de référence LS 132 M, déterminer le couple démarrage, le courant de démarrage et la vitesse de synchronisme n_s ($f=pn_s$), les placer sur le document réponse 1

N.B. : Sur le document réponse 1, les courbes $T_d=f(n)$ et $I_d=f(n)$ représentent un démarrage direct

6- Tracer sur le document réponse 1, la courbe $T_y = f(n)$ pour un couplage étoile puis la courbe $I_y = f(n)$ pour un couplage étoile.

7- Tracer, sur le document réponse 1, le trajet du point de fonctionnement $T_{y\Delta} = f(n)$ et $I_{y\Delta} = f(n)$ pour le démarrage étoile triangle, sachant que le passage d'étoile à triangle se fait lorsque la vitesse du moteur a atteint 80% de la vitesse du point de synchronisme.

8- Tracer sur le document réponse 1, la courbe $Tr = f(n)$ du couple résistant de la pompe.

KSB	Pompe Etnom 40-160								
Vitesse n en tr/mn	0	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
Couple résistant Tr en Nm	1.5	3.2	6.5	11.7	13	19.5	25.5	38	52

9- Le démarrage étoile triangle est- il possible ? Justifier.

10- Déterminer la référence du matériel nécessaire (voir documents ressources 4 et 5):

- ✓ Disjoncteur magnétothermique (préciser la plage de réglage du déclencheur thermique, le réglage du déclencheur thermique et le courant de déclenchement du magnétique)
- ✓ Démarré étoile triangle (pré câblé, sur platine) Tension de commande 24V~ , 50/60Hz

B- Manipulations (temps conseillé 2h)

Les montages et les essais sont réalisés côté fonctionnement manuel.

On se propose d'étudier le comportement du moteur asynchrone triphasé à cage dans sa phase de démarrage I_{d_d} en direct puis $I_{d_{y\Delta}}$ en étoile-triangle (charge réglée pour le point de fonctionnement nominal).

1- Démarrage direct

- 1-1 **Hors tension** : Brancher le moteur asynchrone puissance et commande (démarrage direct) en respectant le couplage ainsi que les appareils de mesure pour visualiser $i_{d_d} = f(t)$ (évolution des valeurs instantanées du courant).
- 1-2 Mettre **sous tension** et régler la charge pour le point de fonctionnement nominal du MAS. Prédéterminer les calibres et la base de temps de l'oscilloscope (temps de démarrage environ 1s)
- 1-3 Visualiser $i_{d_d} = f(t)$ pour le démarrage direct.
Imprimer les oscillogrammes et mettre un titre sur chaque relevé.
Indiquer par une flèche l'image de $I_{d_{d_{max}}}$ (valeur maximale du courant de démarrage), l'image de I_{n_d} (valeur maximale du courant en régime permanent) et t_{d_d} (temps de démarrage).
Déterminer les valeurs de : $I_{d_{d_{max}}}$, $I_{n_{d_{max}}}$, t_{d_d} .

2- Démarrage étoile-triangle

- 2-1 **Hors tension** : Brancher le moteur asynchrone puissance et commande (étoile-triangle) ainsi que les appareils de mesure pour visualiser $i_{d_{y\Delta}} = f(t)$ et $u_{enr_{y\Delta}} = f(t)$.
Régler la temporisation sur une seconde.
- 2-2 Donner le réglage relais thermique, et expliquer ce choix.
Appeler le professeur responsable pour vérification
- 2-3 **Sous tension** : Régler la charge pour le point de fonctionnement nominal du MAS. Prédéterminer les calibres et la base de temps de l'oscilloscope (temps de démarrage environ 3s)
- 2-4 **Sous tension** : Visualiser $i_{d_{y\Delta}} = f(t)$ puis $u_{enr_{y\Delta}} = f(t)$ pour le démarrage étoile -triangle.
Imprimer les oscillogrammes et mettre un titre sur chaque relevé
Indiquer par une flèche l'image de $I_{d_{y\Delta_{max}}}$ (valeur maximale du courant de démarrage), l'image de $I_{n_{y\Delta}}$ (valeur maximale du courant en régime permanent) et $t_{d_{y\Delta}}$ (temps de démarrage) et la phase étoile et triangle.
Déterminer les valeurs de : $I_{d_{y\Delta_{max}}}$, $I_{n_{y\Delta_{max}}}$, $t_{d_{y\Delta}}$, U_{enr_y} , $U_{enr_{\Delta}}$ puis le rapport $U_{enr_{\Delta}} / U_{enr_y}$

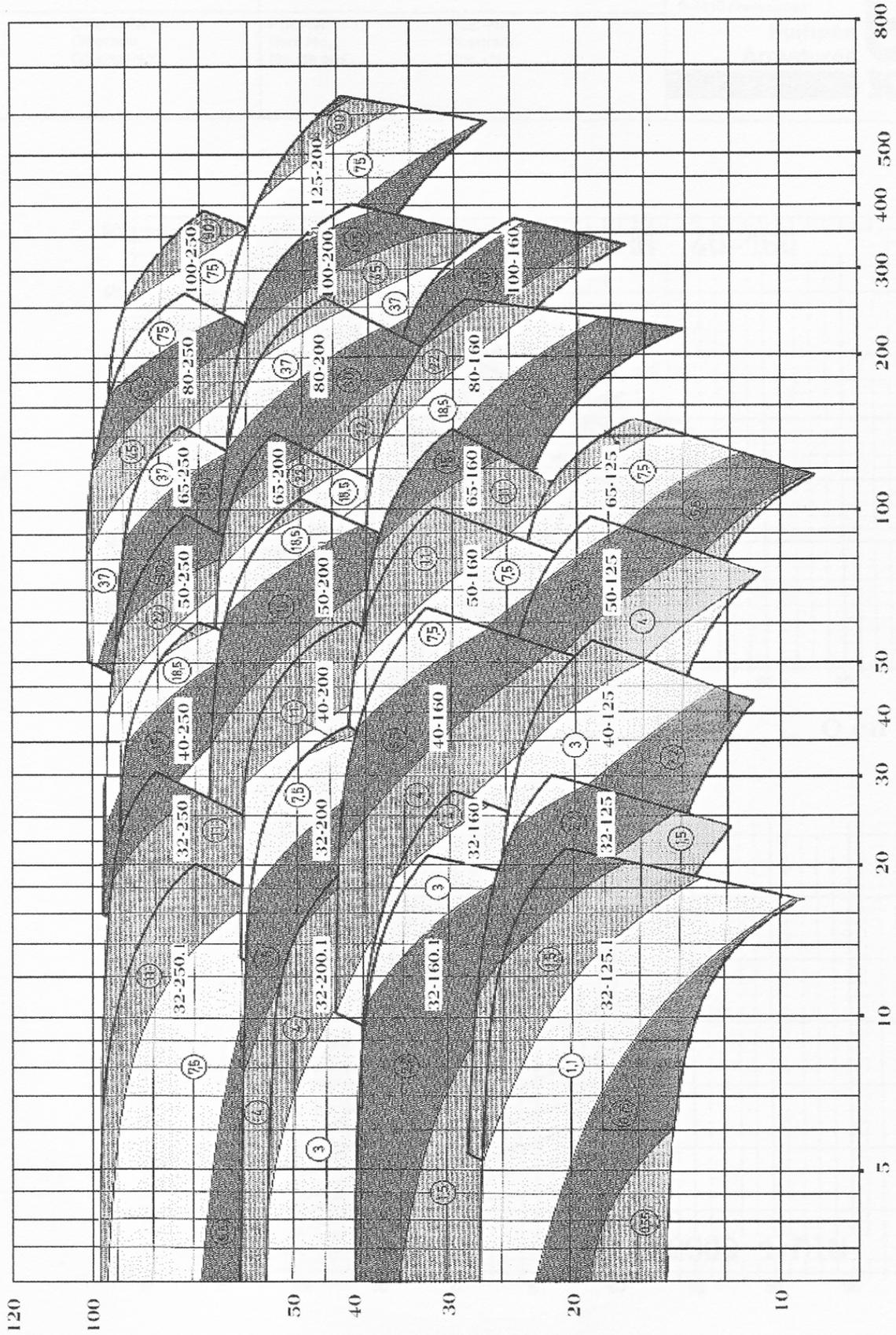
3- Exploitations des relevés

- 3-1 D'après les oscillogrammes $i_{d_{y\Delta}} = f(t)$ puis $u_{enr_{y\Delta}} = f(t)$, qu'observez-vous lors du passage du couplage étoile au couplage triangle ?
- 3-2 Déterminer le rapport $I_{d_{d_{max}}} / I_{d_{y\Delta_{max}}}$. Conclure
- 3-3 Quel démarrage (direct ou étoile-triangle) est le mieux adapté pour cette application ?

DOCUMENT RESSOURCE 1

$n = 2900 \text{ tr / min}$

H en MCE



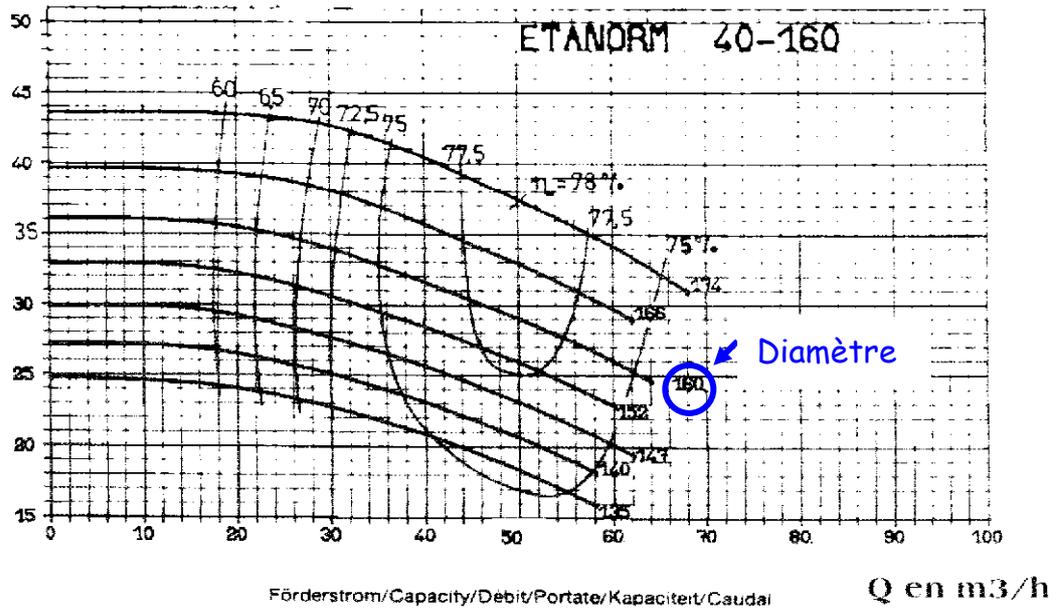
Q en m³/h

DOCUMENT RESSOURCE 2

Baureihe Pump Type Modèle	Tipo Serie Tipo	Nenn Drehzahl Nom Speed Vitesse nom	Velocità di rotazione nom Nominal rotational Revoluciones nom	KSB Aktiengesellschaft Geschäftsbereich Selenpumpen In-Ann-Klein-Str. 9 Postfach 17 25 D-7100 Frankfurt
ETANORM	40-160	2900 1/min		 Pumpen Armaturen KSB
Angebots-Nr Projekt-Nr No. de l'offre	Offerta-Nr Offertenr Offerta-No	Pos.-Nr Item No No. de pos	Pos.-Nr Positionr Pos.-No	

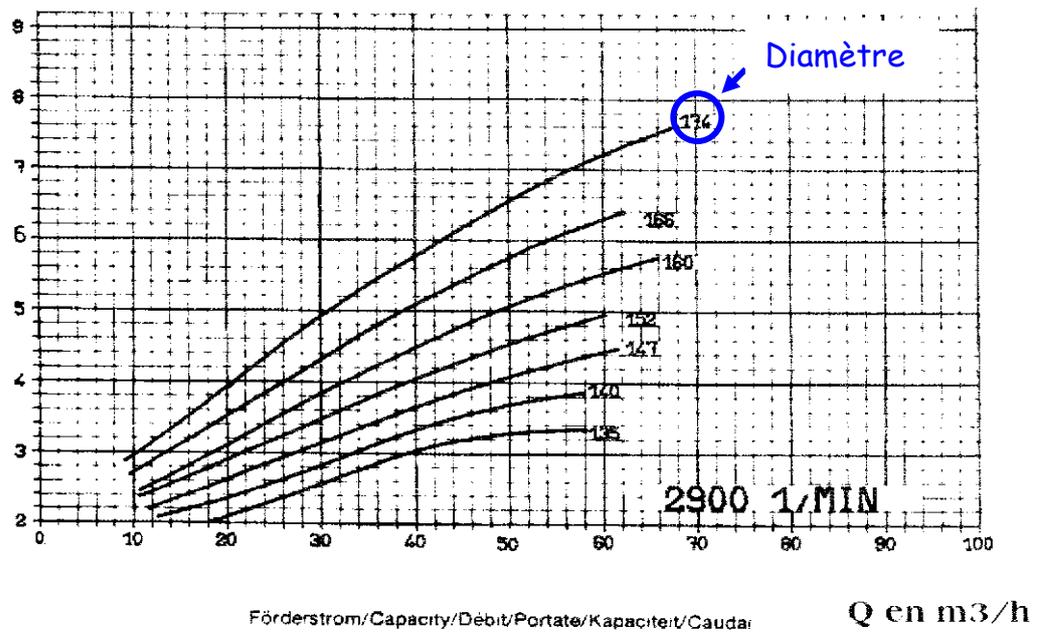
Förderhöhe
Head
Hauteur
Prevalenza
Opvoerhoogte
Altura

H en MCE



Leistungs-
bedarf
Pump Input
Puiss. abs.
Potenza ass
Opgenomen
vermogen
Potencia nec.

P en kW



E1 - Grilles de sélection : MONO-VITESSE

2
Pôles
3000 min⁻¹

IP 55
Cl. F - ΔT 80 K
MULTI-TENSION

RESEAU Δ 230 / Y 400 V ou Δ 400 V 50 Hz

Type	Puissance nominale à 50 Hz P_N kW	Vitesse nominale N_N min ⁻¹	Intensité nominale $I_N(400V)$ A	*Facteur de puissance $\cos \varphi$	* Rendement η	Courant démarrage / Courant nominal I_D / I_N	Couple démarrage / Couple nominal M_D / M_N	Couple maximal / Couple nominal M_M / M_N	** Courbe de couple N'	Moment d'inertie J kg.m ²	Masse IM B3 kg
LS 56 L	0.09	2740	0.3	0.78	59	4.2	2.8	2.6	1	0.0001525	3.8
LS 56 L	0.12	2760	0.46	0.76	56	3.9	2.2	2.4	1	0.0001525	3.8
LS 63 E	0.18	2825	0.5	0.8	67	5.5	3.3	2.8	1	0.0001875	4.8
LS 63 E	0.25	2830	0.66	0.78	71	6.8	3.3	4	1	0.00025	6
LS 71 L	0.37	2820	0.95	0.83	71	4.8	3	3.5	1	0.00035	6.4
LS 71 L	0.55	2800	1.35	0.85	75	5	2.6	2.8	1	0.00045	7.3
LS 71 L	0.75	2810	1.8	0.82	75	6	2.8	3.2	1	0.0006	8.3
LS 80 L	0.75	2800	1.9	0.83	71	5.8	3	3.2	1	0.0007	9
LS 80 L	1.1	2825	2.6	0.82	76	6.4	3	3.2	1	0.0009	10.5
LS 80 L	1.5	2835	3.4	0.82	77	7	3	2.9	1	0.0011	9.5
LS 90 S	1.5	2870	3.3	0.82	79	7.7	3	3.4	1	0.0014	15
LS 90 L	1.8	2870	3.6	0.89	82	8.3	4	3.2	1	0.0017	16
LS 90 L	2.2	2850	4.4	0.89	82	6.8	2.9	2.9	1	0.0021	18
LS 100 L	3	2860	6.3	0.83	80	7.6	3.8	3.9	1	0.0024	21
LS 112 M	4	2840	8.2	0.86	81	8.4	4.2	3.5	1	0.0029	26
LS 112 MG	5.5	2920	10.9	0.88	83	8.6	2.7	2.8	2	0.0092	36
LS 132 S	5.5	2920	10.9	0.88	83	8.6	2.7	2.8	2	0.0092	37
LS 132 S	7.5	2920	15.3	0.84	85	8.6	3.3	3.6	1	0.0126	43
LS 132 M	9	2945	17.1	0.87	87	8.6	2.5	3.4	1	0.0236	63
LS 132 M	11	2940	20.7	0.87	88	9.6	2.9	3.7	1	0.0285	72
LS 160 M	11	2915	20.5	0.9	86	6.4	2.6	2.6	2	0.034	76
LS 160 M	15	2940	27.5	0.88	89.5	8	3.6	3.3	1	0.043	90
LS 160 L	18.5	2940	33.1	0.89	90.6	8.2	3.5	3.2	1	0.054	105
LS 180 MT	22	2945	40.2	0.87	90.7	8.7	3.9	3.5	1	0.062	114
LS 200 LT	30	2950	50.9	0.92	92.5	9.2	2.8	3.4	1	0.096	160
LS 200 L	37	2960	63.5	0.91	92.5	8.4	2.6	3.3	1	0.133	185
LS 225 MR	45	2955	76	0.92	92.8	8.5	2.8	3.3	1	0.155	210
LS 250 MP	55	2965	92	0.92	93.4	8.5	2.4	3.4	1	0.4	320
LS 280 SP	75	2975	125	0.92	94.3	8.3	2.7	3.2	1	0.71	430
LS 280 MP	90	2975	149	0.92	94.9	8.6	2.7	3.4	1	0.87	505
LS 315 ST	110	2970	186	0.91	93.8	9.5	3.2	3.3	1	1.91	650
LS 315 MT	132	2975	225	0.90	94.0	9.3	3.2	3.3	1	2.23	740

Disjoncteurs-moteurs magnétothermiques Modèle GV2 ME



GV2 ME10

Disjoncteurs-moteurs de 0,06 à 15 kW ▶24508◀

400/415 V			500 V			690 V			plage de réglage des déclencheurs thermiques	courant de déclenchement magnétique Id±20%	référence
P	Icu	Ics (1)	P	Icu	Ics (1)	P	Icu	Ics (1)			
kW	kA	%	kW	kA	%	kW	kA	%	A	A	
Commande par boutons-poussoirs											
Raccordement par vis-étriers											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1...0,16	1,5	GV2 ME01
0,06	(3)	(3)	-	-	-	-	-	-	0,16...0,25	2,4	GV2 ME02
0,09	(3)	(3)	-	-	-	-	-	-	0,25...0,40	5	GV2 ME03
0,12	(3)	(3)	-	-	-	0,37	(3)	(3)	0,40...0,63	8	GV2 ME04
0,18	(3)	(3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25	(3)	(3)	-	-	-	0,55	(3)	(3)	0,63...1	13	GV2 ME05
0,37	(3)	(3)	0,37	(3)	(3)	-	-	-	1...16	22,5	GV2 ME06
0,55	(3)	(3)	0,55	(3)	(3)	0,75	(3)	(3)	-	-	-
-	-	-	0,75	(3)	(3)	1,1	(3)	(3)	-	-	-
0,75	(3)	(3)	1,1	(3)	(3)	1,5	3	75	1,6...2,5	33,5	GV2 ME07
1,1	(3)	(3)	1,5	(3)	(3)	2,2	3	75	2,5...4	51	GV2 ME08
1,5	(3)	(3)	2,2	(3)	(3)	3	3	75	-	-	-
2,2	(3)	(3)	3	50	100	4	3	75	4...6,3	78	GV2 ME10
3	(3)	(3)	4	10	100	5,5	3	75	6...10	138	GV2 ME14
4	(3)	(3)	5,5	10	100	7,5	3	75	-	-	-
5,5	15	50	7,5	6	75	9	3	75	9...14	170	GV2 ME16
-	-	-	-	-	-	11	3	75	-	-	-
7,5	15	50	9	6	75	15	3	75	13...18	223	GV2 ME20
9	15	40	11	4	75	18,5	3	75	17...23	327	GV2 ME21
11	15	40	15	4	75	-	-	-	20...25	327	GV2 ME22 (2)
15	10	50	18,5	4	75	22	3	75	24...32	416	GV2 ME32

Raccordement par cosses fermées

Pour commander ces disjoncteurs avec raccordement par cosses fermées, ajouter le chiffre 6 à la fin de la référence choisie ci-dessus.

Exemple : GV2 ME08 devient GV2 ME086.

Raccordement par bornes à ressort (4)

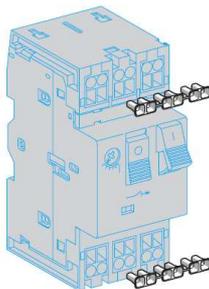
Pour commander ces disjoncteurs avec raccordement par bornes à ressort, ajouter le chiffre 3 à la fin de la référence choisie ci-dessus. Exemple : GV2 ME223 (disponible jusqu'au GV2 ME22).

Disjoncteurs avec bloc de contacts intégré

Avec bloc de contacts auxiliaires instantanés :

- GV AE1, ajouter AE1TQ en fin de référence du disjoncteur choisie ci-dessus. Exemple : GV2 ME01AE1TQ
- GV AE11, ajouter AE11TQ en fin de référence du disjoncteur choisie ci-dessus. Exemple : GV2 ME01AE11TQ
- GV AN11, ajouter AN11TQ en fin de référence du disjoncteur choisie ci-dessus. Exemple : GV2 ME01AN11TQ

Ces disjoncteurs avec bloc de contacts intégré sont vendus par lot de 20 pièces sous emballage unique.



LA9 D99

Blocs de contacts

désignation	montage	nombre maxi	type de contacts	référence unitaire
contacts auxiliaires instantanés	frontal	1	"F + O"	GV AE113
			"F + F"	GV AE203
	latéral à gauche	2	"F + O"	GV AN113
			"F + F"	GV AN203

Accessoire

désignation	utilisation	référence unitaire
embout réducteur	pour le raccordement de conducteurs de 1 à 1,5 mm ²	LA9 D99

(1) En % de Icu (Icu étant le pouvoir de coupure ultime en court-circuit suivant IEC 60947-2. Correspond à la valeur de courant en court-circuit que le disjoncteur peut couper sans détérioration de celui-ci sous la tension assignée d'emploi).

(2) Calibre maximal pouvant être monté dans les coffrets GV2 MC ou MP.

(3) > 100 kA.

(4) Pour le raccordement des conducteurs 1 à 1,5 mm², l'utilisation de l'embout réducteur LA9 D99 est conseillée.

Démarreurs étoile-triangle LC3 de 5,5 à 132 kW ⁽¹⁾ Produits montés



LC3 D32A**

Sur platine

puissances normalisées des moteurs à cage				contacts auxiliaires disponibles sur contacteur de ligne "triangle" "étoile"			condamnation mécanique "étoile-triangle"	réf. de base à compléter par le repère de la tension (2)
tensions réseau "triangle"				KM2	KM3	KM1		
220 V	380 V	415 V	440 V	↓	↓	↓		
kW	kW	kW	kW					
fréquence maximale : 30 démarrages/heure - durée du démarrage : 30 secondes								
4	7,5	7,5	7,5	-	-	- (3)	- 1	avec LC3 D09A**
5,5	11	11	11	-	-	- (3)	- 1	avec LC3 D12A**
11	18,5	22	22	-	-	- (3)	- 1	avec LC3 D18A**
15	25	30	30	-	-	- (3)	- 1	avec LC3 D32A**
18,5	37	37	37	-	-	- (3)	- 1	sans LC3 D40**
								avec LC3 D40**A64
30	55	59	59	-	1	- (3)	- (3)	sans LC3 D50**
								avec LC3 D50**A64
37	75	75	75	-	1	- (3)	- (3)	sans LC3 D80**
								avec LC3 D80**A64
63	110	110	110	-	1	- (3)	- (3)	sans LC3 D115** (4)
								avec LC3 D115**A64 (4)
75	132	132	147	-	1	- (3)	- (3)	sans LC3 D150** (4)
								avec LC3 D150**A64 (4)

Sur profilé (┌┐ largeur 35 mm)

puissances normalisées des moteurs à cage				contacts auxiliaires disponibles sur contacteur de ligne "triangle" "étoile"			condamnation mécanique "étoile-triangle"	réf. de base à compléter par le repère de la tension (2)
tensions réseau "triangle"				KM2	KM3	KM1		
220 V	380 V	415 V	440 V	↓	↓	↓		
kW	kW	kW	kW					
fréquence maximale : 12 démarrages/heure - durée du démarrage : 30 secondes								
3	5,5	5,5	5,5	-	-	-	- 1	avec LC3 K06**
4	7,5	7,5	7,5	-	-	-	- 1	avec LC3 K09**
fréquence maximale : 30 démarrages/heure - durée du démarrage : 30 secondes								
4	7,5	7,5	7,5	-	-	- (3)	- 1	avec LC3 D090A**
5,5	11	11	11	-	-	- (3)	- 1	avec LC3 D120A**
11	18,5	22	22	-	-	- (3)	- 1	avec LC3 D180A**
15	25	30	30	-	-	- (3)	- 1	avec LC3 D320A**

(1) La protection doit être assurée par l'adjonction d'un relais de protection thermique à commander séparément. Le calibre du relais doit permettre le réglage à 0,58 du courant nominal du moteur (voir page E176 ou E178).

(2) Tensions du circuit de commande existantes :

volts ~ 50/60 Hz	24	36	42	48	110	220	230	240	380	400	415	440
démarrateurs "étoile-triangle" LC3 K06 et K09												
repère	B7	C7	D7	E7	F7	M7	P7	U7	-	-	-	-
démarrateurs "étoile-triangle" LC3 D09A...D150, LC3 D090A...D320A												
repère	B7	-	D7	E7	F7	M7	P7	U7	Q7	V7	N7	R7

Autres tensions sur demande.

(3) Possibilités d'adjonction d'un bloc de contacts auxiliaires LAD N, voir page E110.

(4) Ces démarreurs sont constitués de contacteurs LC1 D115 ou D150 sans connecteurs.

DOCUMENT REponse 1

Nom :

Prénom :

Classe :

