

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR AGRICOLE E7-2 ÉPREUVE INTÉGRATIVE

Option : GEMEAU

Durée : 150 minutes

Matériel(s) et document(s) autorisé(s) : **Calculatrice**

Le sujet comporte **11** pages

NB : les documents ont été modifiés pour les besoins de l'épreuve.

SUJET

Diagnostic et dimensionnement d'une interconnexion des réseaux d'eau potable des syndicats de Bonneterre et de Barnon

Contexte :

Le syndicat d'eau potable de Bonneterre utilise la source de Blanchefontaine pour alimenter par gravité le réservoir de tête de son réseau de distribution qui dessert 2000 habitants. Cette source constitue son unique approvisionnement. Or, depuis plusieurs années, il constate une dégradation de la qualité de l'eau brute issue de Blanchefontaine. Il envisage d'abandonner cette ressource et d'établir une interconnexion avec un réseau d'adduction du syndicat de Barnon, qui dispose d'une eau de bonne qualité, en quantité suffisante.

Le **document 1** présente le système d'alimentation en eau du Syndicat de Bonneterre et l'interconnexion envisagée.

Situation professionnelle :

Vous êtes technicien(ne) supérieur(e) au sein du bureau d'études mandaté par le syndicat de Bonneterre pour réaliser l'étude préliminaire de l'interconnexion. À ce titre, vous devez :

- Établir un diagnostic de la qualité de l'eau de la source de Blanchefontaine et de l'état du réseau de distribution. **(9 points)**
- Dimensionner et choisir la pompe de l'interconnexion. **(4 points)**
- Dimensionner et choisir les équipements de pompage adaptés aux variations du débit disponible. **(7 points)**

PARTIE 1

Diagnostic de la qualité de l'eau de la ressource et de l'état du réseau de distribution de Bonneterre (9 points)

Conformément à la réglementation en vigueur, le syndicat réalise régulièrement des mesures de la concentration en nitrates et en pesticides de l'eau brute issue de la source de Blanchefontaine.

Le document 2 présente les résultats des mesures sur l'année 2020 ainsi que les limites de qualité des eaux brutes destinées à la consommation humaine.

1. **Interpréter** les résultats des analyses de qualité de l'eau de la source.
2. **Établir** la liste des solutions qui peuvent être mises en œuvre par le syndicat pour restaurer la qualité de l'eau brute. Pour chaque solution, préciser son opportunité dans le contexte de ce syndicat et dans une perspective de durabilité.

Le document 3 est un extrait du Rapport sur le Prix et la Qualité du Service (RPQS) de 2020 du syndicat de Bonneterre. Il présente les volumes annuels comptabilisés, les valeurs guides des Indices Linéaires de Consommation (ILC) et des Indices Linéaires de Pertes (ILP), ainsi que les exigences réglementaires de rendement.

La longueur du réseau de distribution d'eau du syndicat est de 35 km.

3. **Caractériser** l'état du réseau de distribution à partir des données du RPQS.
4. **Justifier** la nécessité de mettre en œuvre un plan d'action pour améliorer les performances du réseau avant de réaliser l'interconnexion avec le syndicat voisin.
5. **Proposer** un plan d'action chronologique pour améliorer les performances du réseau.

PARTIE 2

Dimensionnement et choix de la pompe de l'interconnexion (4 points)

Le projet prévoit une interconnexion pour acheminer l'eau par pompage vers le réservoir de tête du réseau de distribution de Bonneterre. Le descriptif de cette interconnexion est présenté dans le **document 1**.

Vous êtes chargé de dimensionner l'installation de pompage de l'interconnexion sur la base du besoin de pointe de la distribution.

Les pertes de charge linéaires sont évaluées à partir du **document 4**. Elles sont négligeables à l'aspiration de la pompe.

La pression disponible sur le réseau de Barnon mesurée au point d'interconnexion est de 3,5 bars.

Le volume annuel à importer par l'interconnexion est de 146 000 m³.

Le coefficient de pointe journalier est de 1,25.

Le jour de pointe, la pompe qui alimente le réservoir de tête fonctionne 10 h.

Le **document 5** présente les courbes caractéristiques des pompes GRUNDFOS CR, CRE 64 pour une fréquence de rotation de 2 900 tr/min.

6. Proposer une démarche permettant de choisir une pompe adaptée au besoin.

7. Choisir dans le **document 5** une pompe adaptée au besoin en précisant sa référence et en justifiant votre choix.

PARTIE 3

Dimensionnement et choix des équipements de pompage adaptés aux variations du débit disponible (7 points)

En période de forte consommation d'eau du Syndicat de Barnon, le débit de pompage pour alimenter le réservoir de tête est réduit à 40 m³/h. Cette situation se produit 120 jours par an.

Vous disposez de deux solutions pour effectuer la diminution de débit : le vannage ou la variation de vitesse :

- Le vannage consiste à créer une perte de charge singulière supplémentaire par fermeture partielle de la vanne présente sur le refoulement pour obtenir le débit souhaité.
- La variation de vitesse consiste à modifier la vitesse de rotation de la pompe pour obtenir le débit souhaité.

Le **document 6** présente :

- les caractéristiques électriques des moteurs des électropompes GRUNDFOS CR, CRE 64 ;
- le prix et les caractéristiques électriques des variateurs de vitesse Schneider Electric.

Pour la solution de vannage :

8. **Lister** les paramètres à prendre en compte pour calculer la puissance électrique consommée par l'électropompe.
9. **Calculer** la puissance électrique consommée par l'électropompe.

Pour la solution par variation de vitesse :

Le matériel électrique de commande de l'installation de pompage est installé dans une armoire étanche. Le **document 7** présente les indices de protection IP XY du matériel électrique ou électronique.

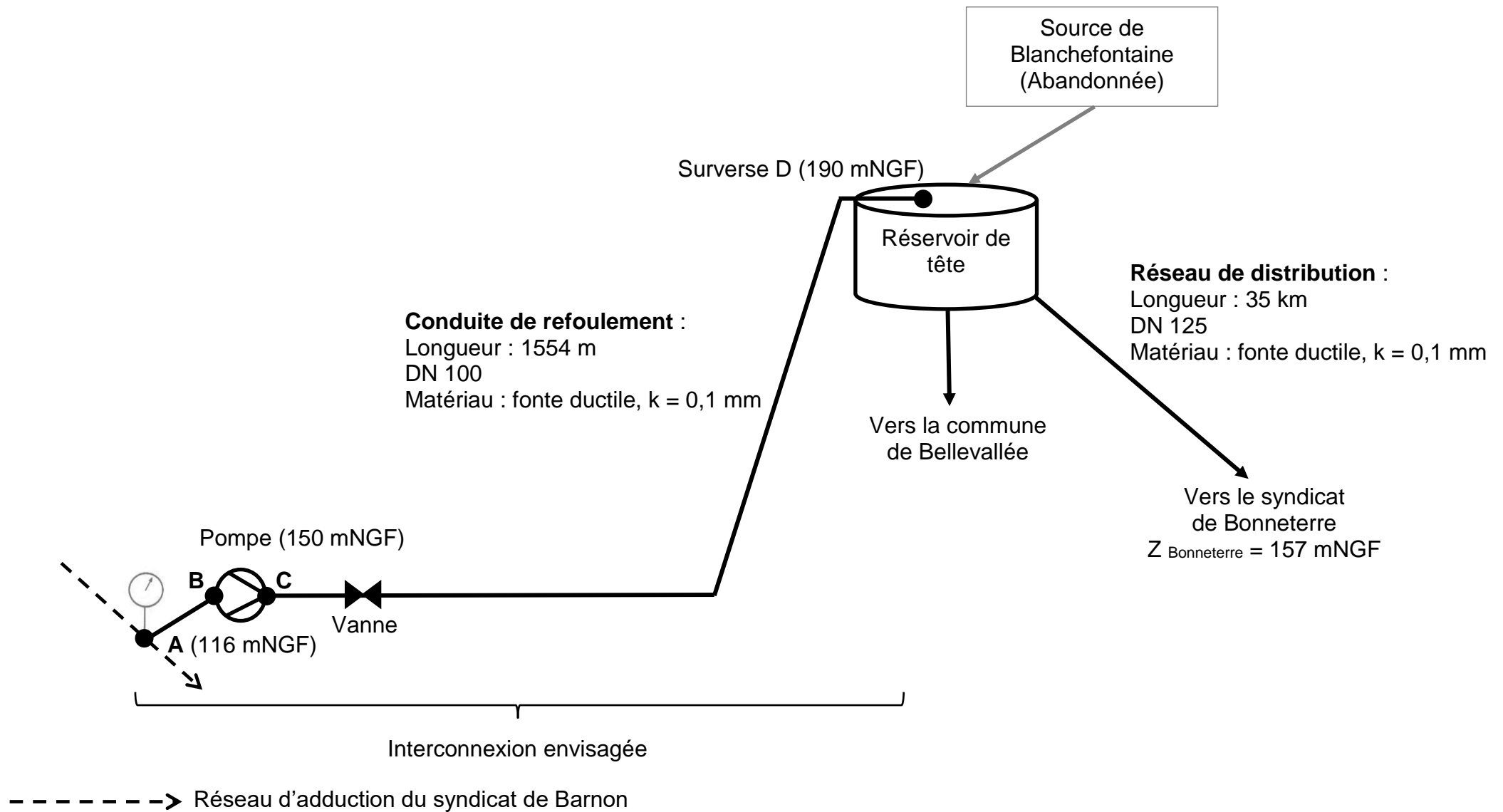
10. **Choisir** le variateur de vitesse qui convient parmi les modèles présentés dans le **document 6**, en précisant sa référence et en justifiant vos critères de choix.

Le résultat du calcul de la puissance électrique consommée par l'installation de pompage avec la solution par variation de vitesse est de 13 kW. Le coût de l'énergie électrique pour le syndicat de Bonneterre est de 13 centimes d'euros par kWh.

11. **Calculer** la consommation énergétique par mètre cube d'eau pour la solution par vannage et pour la solution par variation de vitesse.
12. **Déterminer** la solution à préconiser au syndicat à partir d'une comparaison des coûts de fonctionnement et d'investissement de chaque solution et dans une perspective de durabilité.

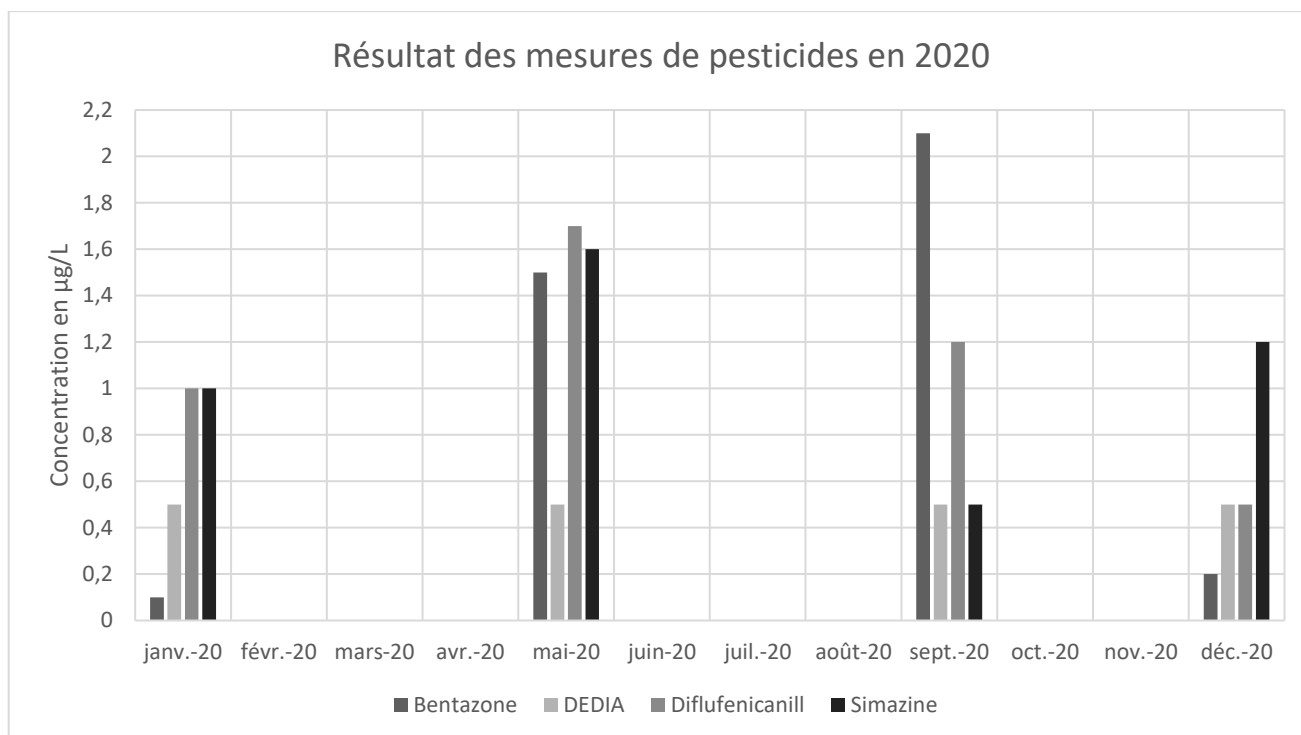
DOCUMENT 1

Schéma du système d'alimentation en eau du syndicat de Bonneterre

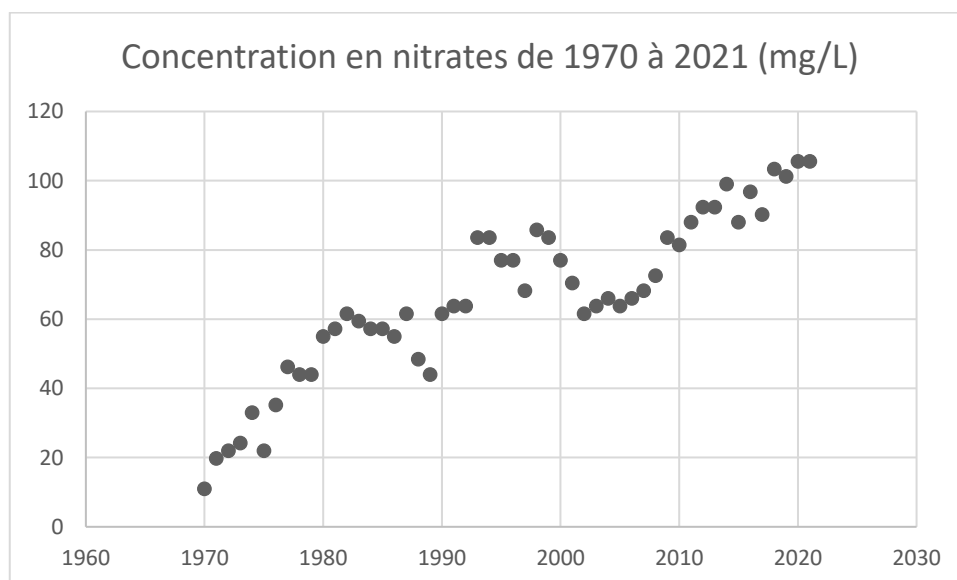


DOCUMENT 2

Résultats des analyses de la qualité des eaux de la Source de Blanchefontaine



Concentration en nitrates dans les eaux de la source de Blanchefontaine de 1970 à 2021

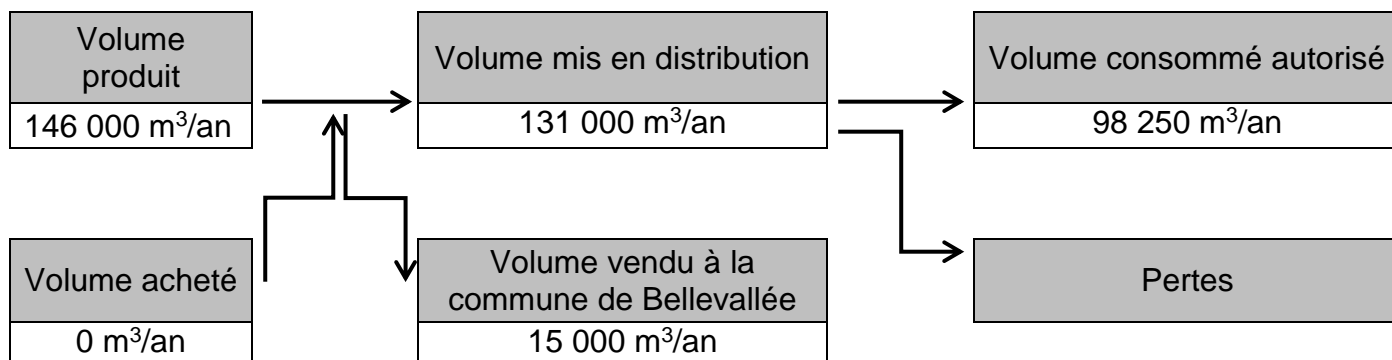


Extrait de l'arrêté du 11 janvier 2007 - Annexe 2 : Limites de qualité des eaux brutes de toute origine utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine

Paramètres	Limite de qualité	Unité
Pesticides par substances individuelles	2	µg/L
Total pesticides	5	µg/L
Nitrates	100	mg/L

DOCUMENT 3

Extrait du RPQS 2020 du syndicat de Bonneterre – Synthèse des volumes comptabilisés



Valeurs guide des Indices Linéaires de Pertes (ILP) et de Consommation (ILC)

Classement des réseaux			
ILC (m³/j/km)	≤ 10	10 < ILC ≤ 30	> 30
Catégorie de réseau	Rural	Semi-rural	Urbain

Classement des Indices Linéaires de Pertes			
Catégorie de réseau	Rural	Semi-rural	Urbain
ILP Bon (m³/j/km)	< 1,5	< 3	< 7
ILP Acceptable (m³/j/km)	1,5 ≤ ILP < 2,5	3 ≤ ILP < 5	7 ≤ ILP < 10
ILP Médiocre (m³/j/km)	2,5 ≤ ILP ≤ 4	5 ≤ ILP ≤ 8	10 ≤ ILP ≤ 15
ILP Mauvais (m³/j/km)	> 4	> 8	> 15

Source : étude inter-agences de l'Eau

$$ILC = \frac{\text{Volume consommé autorisé} + \text{Volume vendu}}{\text{Longueur du réseau} \times 365}$$

$$ILP = \frac{(\text{Volume Produit} + \text{Volume acheté}) - \text{Volume consommé autorisé} - \text{Volume vendu}}{\text{Longueur du réseau} \times 365}$$

Décret n° 2012-97 du 27 janvier 2012 relatif à la définition d'un descriptif détaillé des réseaux des services publics de l'eau et de l'assainissement et d'un plan d'actions pour la réduction des pertes d'eau du réseau de distribution d'eau potable

Il fixe des exigences de rendement de réseau à atteindre. En cas de non atteinte de ces exigences, une majoration du taux de la redevance pour l'usage « Alimentation en eau potable » est appliquée sur le prix de l'eau.

Rendement net minimal du réseau à atteindre :
R = 85 % ou, si cette valeur n'est pas atteinte, **R (%) = 65 + 1/5 x ILC**

DOCUMENT 4

Formule de Lechapt et Calmon et table de pertes de charge

$$J = \frac{1,1 \times Q^{1,89}}{D^{5,01}} \times L$$

J : perte de charge linéaire (mCE)

Q : débit (m³/s)

D : diamètre intérieur de la conduite (m)

L : longueur de la conduite (km)

Pour les calculs hydrauliques : Les pertes de charge singulières sont négligées et le terme de vitesse dans l'expression de la charge hydraulique est négligé.

Tables de pertes de charge dans les tuyaux en fonte du constructeur Saint-Gobain

Q (L/s)	DN 65			DN 80			DN 100		
	J (m/km)*		V (m/s)	J (m/km)*		V (m/s)	J (m/km)*		V (m/s)
	k = 0,03 mm	k = 0,10 mm		k = 0,03 mm	k = 0,10 mm		k = 0,03 mm	k = 0,10 mm	
1,60	4,706	5,117	0,48						
1,80	5,813	6,358	0,54						
2,00	7,026	7,727	0,60						
2,20	8,343	9,223	0,66						
2,40	9,765	10,847	0,72						
2,60	11,289	12,597	0,78	4,121	4,480	0,52			
2,80	12,915	14,473	0,84	4,709	5,138	0,56			
3,00	14,642	16,476	0,90	5,333	5,838	0,60			
3,20	16,470	18,605	0,96	5,992	6,582	0,64			
3,40	18,399	20,860	1,02	6,686	7,369	0,68			
3,60	20,427	23,240	1,08	7,415	8,198	0,72			
3,80	22,554	25,746	1,15	8,180	9,069	0,76			
4,00	24,781	28,377	1,21	8,978	9,984	0,80	3,039	3,289	0,51
4,20	27,106	31,134	1,27	9,812	10,940	0,84	3,318	3,600	0,53
4,40	29,529	34,016	1,33	10,679	11,940	0,88	3,609	3,923	0,56
4,60	32,050	37,023	1,39	11,581	12,981	0,92	3,911	4,261	0,59
4,80	34,669	40,155	1,45	12,517	14,065	0,95	4,223	4,611	0,61
5,00	37,385	43,413	1,51	13,487	15,191	0,99	4,547	4,975	0,64
5,20	40,198	46,795	1,57	14,491	16,359	1,03	4,882	5,352	0,66
5,40	43,109	50,303	1,63	15,528	17,570	1,07	5,228	5,743	0,69
5,60	46,116	53,935	1,69	16,599	18,823	1,11	5,585	6,146	0,71
5,80	49,220	57,692	1,75	17,704	20,118	1,15	5,952	6,563	0,74
6,00	52,421	61,575	1,81	18,842	21,455	1,19	6,331	6,993	0,76
6,20	55,718	65582	1,87	20,013	22,834	1,23	6,720	7,436	0,79
6,40	59,111	69,714	1,93	21,218	24,256	1,27	7,120	7,893	0,81
6,60	62,600	73,971	1,99	22,456	25,719	1,31	7,531	8,362	0,84
6,80	66,185	78,352	2,05	23,727	27,225	1,35	7,953	8,845	0,87
7,00	69,866	82,859	2,11	25,032	28,772	1,39	8,385	9,341	0,89
7,20	73,642	87,490	2,17	26,369	30,362	1,43	8,828	9,850	0,92
7,40	77,515	92,246	2,23	27,739	31,994	1,47	9,282	10,372	0,94
7,60	81,483	97,126	2,29	29,143	33,668	1,51	9,746	10,907	0,97
7,80	85,546	102,131	2,35	30,579	35,383	1,55	10,221	11,456	0,99
8,00	89,704	107,261	2,41	32,048	37,141	1,59	10,706	12,017	1,02
8,20	93,958	112,516	2,47	33,550	38,941	1,63	11,202	12,592	1,04
8,40	98,308	117,896	2,53	35,084	40,782	1,67	11,708	13,180	1,07
8,60	102,752	123,400	2,59	36,652	42,666	1,71	12,225	13,781	1,09
8,80	107,291	129,028	2,65	38,252	44,592	1,75	12,753	14,394	1,12
9,00	111,925	134,782	2,71	39,885	46,559	1,79	13,291	15,021	1,15
9,20	116,655	140,660	2,77	41,550	48,569	1,83	13,839	15,661	1,17
9,40	121,479	146,662	2,83	43,248	50,620	1,87	14,398	16,315	1,20
9,60	126,398	152,790	2,89	44,979	52,714	1,91	14,968	16,981	1,22
9,80	131,412	159,041	2,95	46,742	54,849	1,95	15,547	17,660	1,25
10,00				48,537	57,027	1,99	16,137	18,352	1,27
10,50				53,168	62,654	2,09	17,658	20,140	1,34
11,00				58,002	68,542	2,19	19,244	22,010	1,40
11,50				63,037	74,693	2,29	20,894	23,961	1,46
12,00				68,275	81,105	2,39	22,608	25,993	1,53
12,50				73,714	87,780	2,49	24,387	28,107	1,59
13,00				79,354	94,716	2,59	26,230	30,302	1,66
13,50				85,196	101,914	2,69	28,136	32,579	1,72
14,00				91,239	109,374	2,79	30,107	34,937	1,78
14,50				97,482	117,095	2,88	32,141	37,376	1,85
16,50							40,914	47,947	2,10
18,50							50,699	59,817	2,36
20,50							61,493	72,987	2,61
22,50							73,291	87,456	2,86

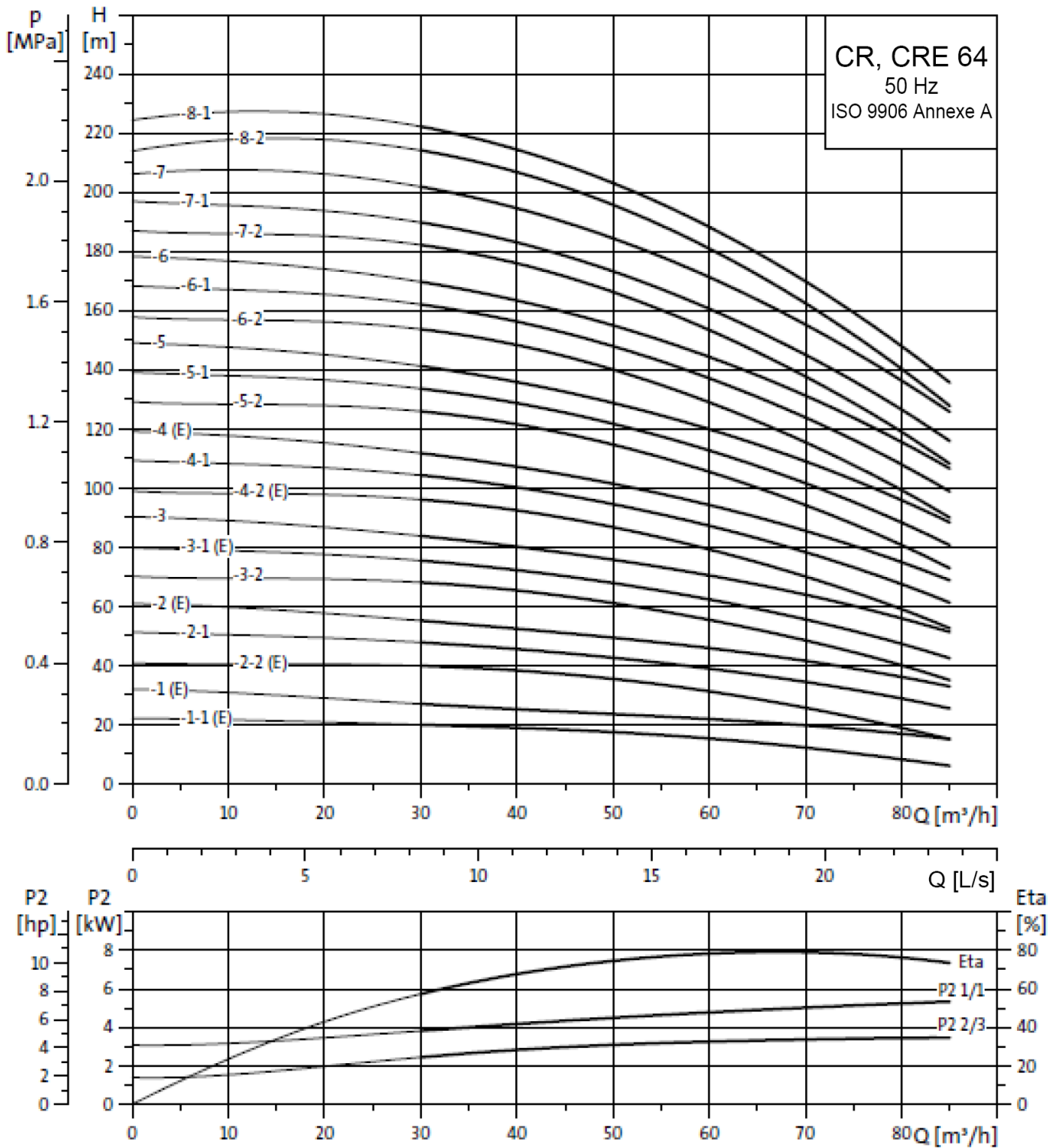
Valeurs directement utilisables pour l'eau à 10 °C

* Il s'agit de mètres de hauteur du fluide tel qu'il circule dans la conduite par kilomètre courant de celle-ci.

Les informations contenues dans ce document sont données à titre indicatif. SAINT-GOBAIN PAM ne saurait être tenue pour responsable des éventuelles erreurs contenues dans ce document.

DOCUMENT 5

Courbes caractéristiques des pompes GRUNDFOS CR, CRE 64 pour une fréquence de rotation de 2 900 tr/min (D'après un document GRUNDFOS)



NB : Le terme « Eta » signifie « rendement »

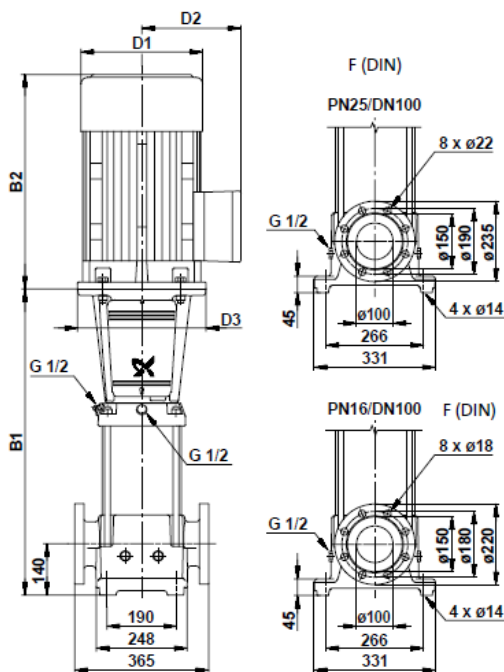
DOCUMENT 6

Caractéristiques électriques des moteurs des pompes GRUNDFOS CR, CRE 64

(D'après un document GRUNDFOS)

Dessins et caractéristiques électriques

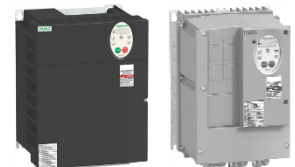
3 x 380-415 V, 50 Hz



Type de pompe	Moteur P ₂ [kW]	CR				CRE
		I _{1/1} [A]	Cos φ _{1/1}	η [%]	I _d / I _n	I _{1/1} [A]
CR(E) 64-1-1	4,0	8,00	0,90-0,87	87,0-87,0	8,7-9,5	8,1-6,6
CR(E) 64-1	5,5	11,0	0,89-0,86	87,5-87,5	8,9-9,7	11,0-8,8
CR(E) 64-2-2	7,5	15,2	0,87-0,81	88,0-88,0	9,1-9,9	15,0-12,0
CR 64-2-1	11,0	21,5	0,91-0,87	90,0-90,0	7,3-8,0	-
CR(E) 64-2	11,0	21,5	0,91-0,87	90,0-90,0	7,3-8,0	21,3
CR 64-3-2	15,0	28,7	0,87	90,0	6,0	-
CR(E) 64-3-1	15,0	28,7	0,87	90,0	6,0	28,1
CR 64-3	18,5	35,9-34,1	0,86	91,0	7,2	-
CR(E) 64-4-2	18,5	35,9-34,1	0,86	91,0	7,2	34,2
CR 64-4-1	22,0	42,0-40,0	0,86	91,4	7,3	-
CR(E) 64-4	22,0	42,0-40,0	0,86	91,4	7,3	41,9
CR 64-5-2	30,0	56,0-52,0	0,88	91,7	7,5	-
CR 64-5-1	30,0	56,0-52,0	0,88	91,7	7,5	-
CR 64-5	30,0	56,0-52,0	0,88	91,7	7,5	-
CR 64-6-2	30,0	56,0-52,0	0,88	91,7	7,5	-
CR 64-6-1	37,0	68,0-63,0	0,89	92,4	7,8	-
CR 64-6	37,0	68,0-63,0	0,89	92,4	7,8	-
CR 64-7-2	37,0	68,0-63,0	0,89	92,4	7,8	-
CR 64-7-1	37,0	68,0-63,0	0,89	92,4	7,8	-
CR 64-7	45,0	83,0-78,0	0,87	93,4	7,8	-
CR 64-8-2	45,0	83,0-78,0	0,87	93,4	7,8	-
CR 64-8-1	45,0	83,0-78,0	0,87	93,4	7,8	-

Prix et caractéristiques des variateurs de vitesse pour électropompes

(D'après un document Schneider Electric)



puissance du moteur (kW)	courant de ligne maxi (A)		puissance apparente (kVA) à 380 V	Icc ligne présumé maxi (kA)	courant de sortie maximal permanent (In) (A) à 380 V	courant transitoire maxi pendant 60 s (A)	puissance dissipée au courant de sortie maximal (In) (W) à 380 V	taux de distorsion harmonique total en courant selon la norme IEC/EN61000-3-12	Altivar 212 IP 21 1750 €	UL Type 12 IP 55 1980 €
	à 380 V	à 480 V								
0,75	1,7	1,4	1,1	5	2,2	2,4	55	32,8	ATV212HD075N4	ATV212W075N4
1,5	3,2	2,5	2,1	5	3,7	4	78	30,9	ATV212HU15N4	ATV212WU15N4
2,2	4,6	3,6	3	5	5,1	5,6	103	30,5	ATV212HU22N4	ATV212WU22N4
3	6,2	4,9	4,1	5	7,2	7,9	137	31,2	ATV212HU30N4	ATV212WU30N4
4	8,1	6,4	5,3	5	9,1	10	176	30,6	ATV212HU40N4	ATV212WU40N4
5,5	10,9	8,6	7,2	22	12	13,2	215	30,5	ATV212HU55N4	ATV212WU55N4
7,5	14,7	11,7	9,7	22	16	17,6	291	30,9	ATV212HU75N4	ATV212WU75N4
11	21,1	16,8	13,9	22	22,5	24,8	430	30,4	ATV212HD11N4	ATV212WD11N4
15	28,5	22,8	18,7	22	30,5	33,6	625	30,9	ATV212HD15N4	ATV212WD15N4
18,5	34,8	27,8	22,9	22	37	40,7	603	30,5	ATV212HD18N4	ATV212WD18N4
22	41,6	33,1	27,3	22	43,5	47,9	626	30,7	ATV212HD22N4	ATV212WD22N4
30	56,7	44,7	37,3	22	58,5	64,4	847	30	ATV212HD30N4	ATV212WD30N4
37	68,9	54,4	45,3	22	79	86,9	976	30,3	ATV212HD37N4	ATV212WD37N4

DOCUMENT 7

Indices de protection IP XY du matériel électrique ou électronique

Source : Norme européenne EN 60529

Indice de protection à 2 chiffres IP XY		
Indice	1 ^{er} chiffre X (dizaine) Protection contre les solides .	2 ^e chiffre Y (unité) Protection contre l' intrusion d'eau .
0	Aucune protection	Aucune protection.
1	Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau.
2	Protégé contre les corps solides supérieurs à 12 mm	Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale.
3	Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm	Protégé contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale.
4	Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm	Protégé contre les projections d'eau de toutes directions.
5	Protégé contre les poussières et autres résidus microscopiques	Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance.
6	Totalement protégé contre les poussières	Protégé contre les forts jets d'eau de toutes directions à la lance.
7		Protégé contre les effets de l' <u>immersion</u> temporaire (jusqu'à 1 m) et pendant 30 minutes. La pénétration d'eau en quantité nuisible ne sera pas possible lorsque l'équipement est immergé dans l'eau dans des conditions définies de pression et de temps (jusqu'à 1 m de submersion).
8		Matériel <u>submersible</u> dans des conditions spécifiées en durée et en pression (immersion prolongée) au-delà de 1 m. Normalement, cela signifie que l'équipement est hermétiquement fermé. Cependant, avec certains types de matériel, cela peut signifier que l'eau peut pénétrer, mais sans produire d'effets nuisibles. Protection contre la submersion.
9		Protection contre le nettoyage à haute pression, à haute température et venant de plusieurs directions. Attention, un matériel IP X9 n'est pas nécessairement submersible. Exemple : véhicules routiers. Si le matériel est submersible, il doit avoir une double indication telle que IP 67 / IP 69.