

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR AGRICOLE

ÉPREUVE TERMINALE N° 2

ÉPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Option : Gestion et maîtrise de l'eau

Coefficient : 7 - Durée : 4 heures

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

Rappel : Au cours de l'épreuve, la calculatrice est autorisée pour réaliser des opérations de calcul, ou bien élaborer une programmation, à partir des données fournies par le sujet.

Tout autre usage est interdit.

Le sujet comporte 12 pages

L'annexe A est à rendre avec la copie

SUJET

La gestion de l'eau, comme de nombreux autres domaines environnementaux, évolue vers une demande croissante de participations publiques en provenance des populations.

Depuis 1992, les CLE (Commissions Locales de l'Eau), les SAGE (Schémas d'Aménagements et de Gestion des Eaux),...permettent aux citoyens de s'exprimer.

Dans ce cadre, on se propose de détailler le point de vue du technicien sur certaines hypothèses d'aménagements pouvant être réalisés sur le bassin versant de la Loire.

Il sera traité :

- **des conséquences des travaux d'aménagement au niveau de Brives-Charensac :**
Question A (5 points)

- **du traitement de l'eau provenant du barrage de La Chapelette :**
Question B (8 points)

- **du système hydraulique associé à l'usine de potabilisation de Versailles :**
Question C (27 points)

QUESTION A

Conséquences des travaux d'aménagement au niveau de Brives-Charensac

Cette étude concerne le haut bassin versant de la Loire, au niveau de Brives-Charensac. À cet endroit, la Loire coule sur un substrat constitué d'alluvions ayant une épaisseur qui varie de 2 à 6 m.

D'importants travaux d'aménagement, destinés à approfondir et élargir le lit mineur de la Loire sur 3 km, ont été effectués. À cette occasion, $300\,000\text{ m}^3$ de matériaux ont été enlevés. L'ensemble de ces aménagements a fait passer l'écosystème du fleuve dans cette zone du type lotique au type lentique.

Il est envisagé de mettre en place, en amont de la zone aménagée, des seuils mobiles destinés à réguler le régime hydraulique du fleuve.

A.1 Déterminer, en justifiant la réponse à l'aide du **document 1**, le régime hydrologique de la Loire au niveau de Brives-Charensac.

En déduire les relations existant entre le fleuve et la nappe à la fin de l'hiver et en été.

A.2 Préciser en quoi les seuils mobiles réguleront le régime hydraulique du fleuve dans la zone aménagée.

A.3 Indiquer les conséquences du passage du type lotique au type lentique sur l'écosystème fluvial.

QUESTION B

Traitement de l'eau provenant du barrage de La Chapelette

Données préliminaires :

Éléments	H	C	O	Mg	K	Ca	Mn	Fe
M (g.mol ⁻¹)	1	12	16	24	39	40	55	56

M : Masses molaires atomiques

Couples	E° en V
MnO ₄ ⁻ / MnO ₂	1,68
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,77

Couples acido-basiques	pKa
CO ₂ , H ₂ O / HCO ₃ ⁻	6,4
HCO ₃ ⁻ / CO ₃ ²⁻	10,4

Zone de virage de la phénolphtaléine : pH compris entre 8,2 et 10,0.

L'analyse physico-chimique de l'eau brute provenant du barrage de « La Chapelette » est donnée dans le **document 2**.

B.1 Cette eau est qualifiée de très peu minéralisée.

Citer le paramètre essentiel qui a permis de tirer cette conclusion.

Justifier la réponse.

B.2 L'eau brute contient des ions Fe^{2+} à la concentration de $0,120 \text{ mg.L}^{-1}$. On souhaite ramener cette valeur à $0,050 \text{ mg.L}^{-1}$. Pour éliminer les ions Fe^{2+} , on effectue un traitement au permanganate de potassium. Les produits de cette opération peuvent facilement être éliminés par filtration.

B.2.1 Justifier qu'une réaction d'oxydoréduction puisse se produire.

B.2.2 Écrire les demi-équations d'oxydoréduction relatives à chaque couple.
En déduire l'équation de la réaction mise en jeu dans le traitement.

B.2.3 Calculer la masse de permanganate de potassium nécessaire pour traiter un litre d'eau.

B.2.4 Le permanganate de potassium est injecté au cours du traitement sous forme de solution de concentration $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ à l'aide d'une pompe doseuse. Le débit de l'eau brute traitée est de $150 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. En fait 30% du permanganate de potassium sont utilisés pour oxyder d'autres composés que les ions Fe^{2+} , présents dans l'eau.

Calculer le débit réellement nécessaire de la pompe doseuse.

B.3 Les pompes doseuses sont souvent des pompes volumétriques « simple effet à membrane ».

À partir de vos connaissances et en vous aidant du **document 3** :

Choisir sur le **document 3** les deux (des quatre) courbes correspondant à une pompe volumétrique « simple effet ».

Justifier les choix.

QUESTION C

Système hydraulique associé à l'usine de potabilisation de Versailles

L'eau provenant du barrage de La Chapelette est traitée à l'usine de potabilisation de Versailles.

La station de reprise de cette usine, représentée de façon simplifiée sur le **document 4**, alimente le réservoir des CAYRES (branchement à partir du point F).

Le **document 5** représente le schéma de principe du système hydraulique.

Le refoulement est assuré par 3 électropompes (EP1, EP2, EP3) identiques (marque KSB à aspiration radiale ; voir caractéristiques dans les **documents 5 à 6**).

Les 3 électropompes, alimentées par un réseau triphasé : $230 \text{ V} / 400 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$, sont montées en parallèle dans un plan horizontal. Elles ne **fonctionnent jamais toutes les trois en même temps** (maximum 2).

Elles sont asservies aux 3 niveaux du réservoir : Niveau haut (Nh), Niveau bas (Nb), Niveau très bas (Ntb). Les 3 capteurs de niveau ont des contacts à ouverture.

En fonctionnement normal, l'électropompe (EP1) démarre lorsque le niveau est bas (Nb) et fonctionne jusqu'à atteindre le niveau haut (capteur Nh).

Si, malgré le fonctionnement de EP1, le niveau continue de descendre et atteint le niveau très bas (Ntb)

l'électropompe (EP2) démarre jusqu'à remplir le réservoir, c'est-à-dire jusqu'au niveau haut (Nh),

En cas de fonctionnement anormal (défaut) de l'une des deux électropompes (EP1 ou EP2), l'électropompe (EP3) assure la continuité du service. Elle entre en fonctionnement si le débit de EP1 ou EP2 est inférieur à $10 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ (fonctionnement de secours).

Chaque conduite de refoulement des électropompes est équipée d'un débitmètre (plage de mesure : 0 à $70 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$; signal sortie : $4-20 \text{ mA}$).

Remarques et consignes :

- Les pertes de charge linéaires seront calculées **impérativement** à l'aide de la formule de LECHAPT ET CALMON :

$$j = 1,1 L Q^{1,89} D^{-5,01} \quad \text{Avec} \quad \begin{array}{l} j : \text{perte de charge linéaire en m ;} \\ L : \text{longueur de la conduite en km ;} \\ Q : \text{débit en } \text{m}^3.\text{s}^{-1} ; \\ D : \text{diamètre intérieur en m.} \end{array}$$

- Toutes les conduites sont de même nature.
- À l'aspiration, les pertes singulières seront estimées égales à 5 fois les pertes linéaires.
- Au refoulement, les pertes singulières seront estimées égales à 15 % des pertes linéaires.
- Les pertes entre les sorties des électropompes et le point D seront négligées.
- Négliger le terme $\frac{U^2}{2.g}$ dans l'expression de la charge hydraulique par rapport à la cote piézométrique.
- Toutes les cotes (ex : 215,00) sont rattachées au Niveau Géographique Français (ex : 215 m NGF).
- Considérer impérativement :
 - que si la cote du niveau d'eau dans le réservoir est en-dessous de celle d'un capteur, le contact de ce capteur est ouvert ; son état est représenté par 0 (l'état 1 représente le contact fermé, c'est-à-dire lorsque la cote du niveau d'eau est au moins égale à celle du capteur) ;
 - qu'au départ du cycle de permutation des électropompes, le niveau est situé entre le niveau bas et le niveau haut.
- On prendra pour :
 - l'accélération de la pesanteur (g) : $9,81 \text{ m.s}^{-2}$;
 - la masse volumique de l'eau (ρ) : $1\,000 \text{ kg.m}^{-3}$;
 - la pression atmosphérique locale : 10^5 Pa ;
 - la tension de vapeur saturante de l'eau : 0,44 mCE.

QUESTION C1 (4 points)

Analyse des conditions d'aspiration

C.1.1 Expliciter l'abréviation NPSH figurant sur le **document 6**.

C.1.2 Écrire l'expression littérale du NPSH disponible.

C.1.3 Calculer la marge entre le NPSH disponible et le NPSH requis lorsque le débit total pompé par 2 des électropompes à aspiration radiale (courbe repérée sur le **document 6** par le terme 'Radial') est de $100 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$.

Conclure

QUESTION C2 (3 points)

Analyse technologique

C.2.1 Citer 1 des avantages de l'association de pompes en parallèle.

C.2.2 Nommer et **citer** la fonction des éléments repérés par les chiffres **1** à **7** sur le **document 4**.

QUESTION C3 (4 points)

Analyse des caractéristiques d'un moteur électrique d'une électropompe

C.3.1 Citer le couplage à réaliser au niveau du moteur.

Justifiez votre réponse.

C.3.2 Calculer le nombre de paires de pôles.

Calculer le glissement du moteur en charge nominale.

C.3.3 Pour le fonctionnement nominal d'un moteur ;

Calculer le courant de ligne de son alimentation.

Calculer la puissance réactive Q du moteur pour le fonctionnement nominal.

C.3.4 Calculer la puissance active absorbée par le moteur durant la phase de démarrage.

QUESTION C4 (13 points)

Analyse du refoulement en fonctionnement normal

C.4.1 La perte de charge totale entre E et F mesurée lorsque le débit total des 2 électropompes est de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ est de 10 m CE.

C.4.11 Calculer le débit prélevé au point E.

C.4.12 Calculer la pression relative au point F.

Exprimer votre résultat en Pa et en bar.

C.4.2 Calculer la puissance électrique apparente totale et le courant total de ligne dans les deux situations suivantes :

- une électropompe fonctionne au régime nominal et l'autre est en phase de démarrage ;
- les **deux** électropompes fonctionnent au régime nominal.

C.4.3 En fonction du **document 7**,

compléter les chronogrammes représentés dans la partie A 1 de l'**annexe A**.

En déduire le type de fonctionnement de la mémoire réalisée par les boutons poussoirs M (Marche) et Ar (Arrêt) et le relais KA1.

C.4.4 En fonction du chronogramme précédent et du **document 7**,

Compléter le Grafcet du point de vue « partie commande » ébauché dans la partie A 2 de l'**annexe A** en prenant en compte uniquement le fonctionnement normal des électropompes (EP1, EP2).

Nota : Ne pas considérer le fonctionnement de l'électropompe de secours (EP3).

QUESTION C5 (3 points)

Analyse du fonctionnement avec l'électropompe de secours

Nota : Dans cette partie, on ne s'intéressera qu'au fonctionnement anormal (défaut) de l'une des deux électropompes (EP1 ou EP2).

C.5.1 Déterminer la valeur du signal de sortie du débitmètre correspondant au débit d'enclenchement de l'électropompe de secours EP3 ($10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

C.5.2 Proposer une solution technologique permettant d'exploiter le signal des débitmètres afin de démarrer EP3.

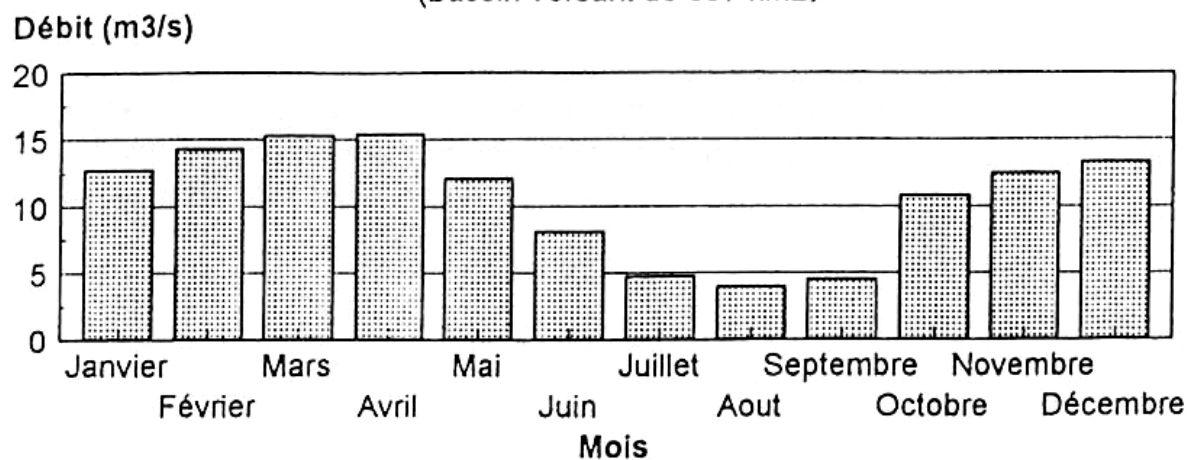
C.5.3 Formuler un avis sur la pertinence de la solution retenue en cas de fonctionnement anormal (défaut) de l'une des deux électropompes (EP1 ou EP2).

DOCUMENT 1

DEBITS MOYENS MENSUELS DE LA LOIRE

Station Hydrometrique de BRIVES-CHARENSAC

(Bassin versant de 867 km²)



Période de 1956-1991

DOCUMENT 2

Paramètres de l'analyse physico-chimique de l'eau brute.

Turbidité (N T U)	1,4
pH corrigé à 20° C	6,85
Conductivité ramenée à 25° C ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	72
Température (° C)	17,3
Hydrogénocarbonate ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	?
Chlorure ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	6,5
Calcium ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	6,2
Magnésium ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,8
Potassium ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,2
Sodium ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5,8
Sulfate ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5,2
Carbonate ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0
T.A.C.	?
T.H. total	?
Fer ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	120

Légende :

? : valeur non fournie

DOCUMENT 3

Pompes volumétriques

À partir de <http://www.techniquesfluides.fr>; <http://wontu.club.fr> & <http://www.savino barbera.com>

Les pompes doseuses sont souvent des pompes volumétriques « simple effet à membrane » qui permettent de doser des fluides.

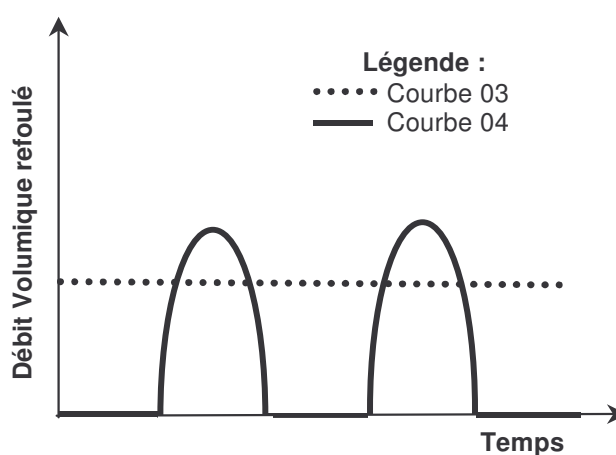
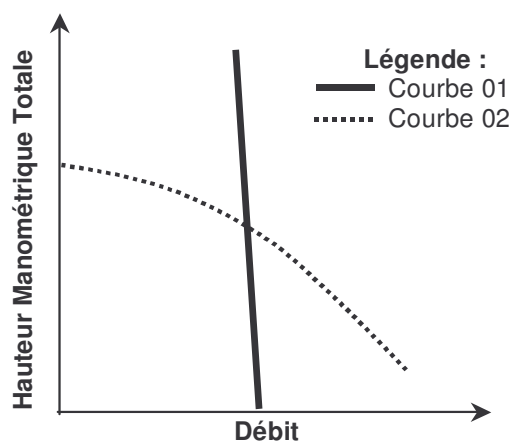
Le fonctionnement du cycle alternatif peut être décrit sommairement comme suit :

« Un volume de fluide est alternativement aspiré et refoulé.

Pendant la phase d'aspiration, le mouvement génère une dépression qui permet de faire entrer le produit entre la membrane et le clapet d'aspiration.

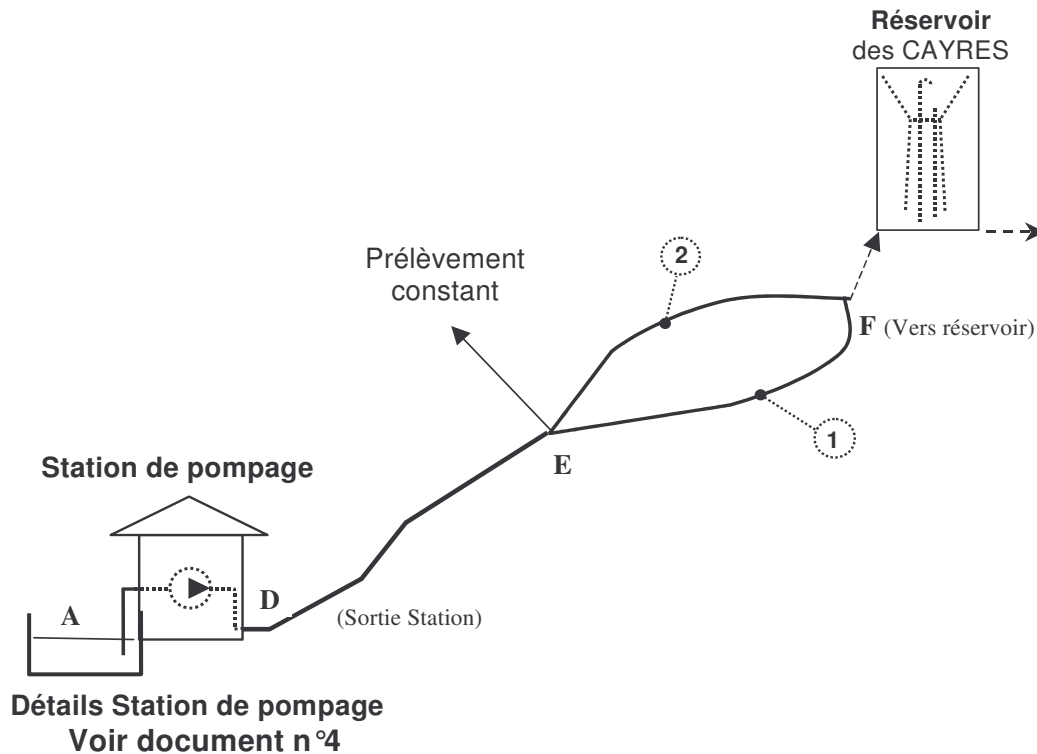
Pendant la phase de refoulement, le clapet de refoulement s'ouvre alors que le clapet d'aspiration se ferme par la pression engendrée. Le volume de produit est refoulé en sortie. »

Ce type de fonctionnement se caractérise par deux des quatre courbes représentées ci-après :



DOCUMENT 5

Système hydraulique



CARACTÉRISTIQUES DE RÉSEAU

Canalisation	Diamètre intérieur (mm)	Longueur (m)
DE	150	421
EF1	100	400
EF2	100	652

Nota : Considérer que toutes les conduites d'aspiration sont identiques.
Négliger les longueurs des conduites [Électropompes – point D]

Point	Cote (m NGF)	Débit prélevé (m ³ h ⁻¹)
F	756,00	Non fourni

Nota : Pour les autres données se référer au **document 4**.

CARACTÉRISTIQUES DES ÉLECTROPOMPES (EP1, EP2, EP3)

Nota : Considérer que toutes les électropompes sont identiques.

Pompes

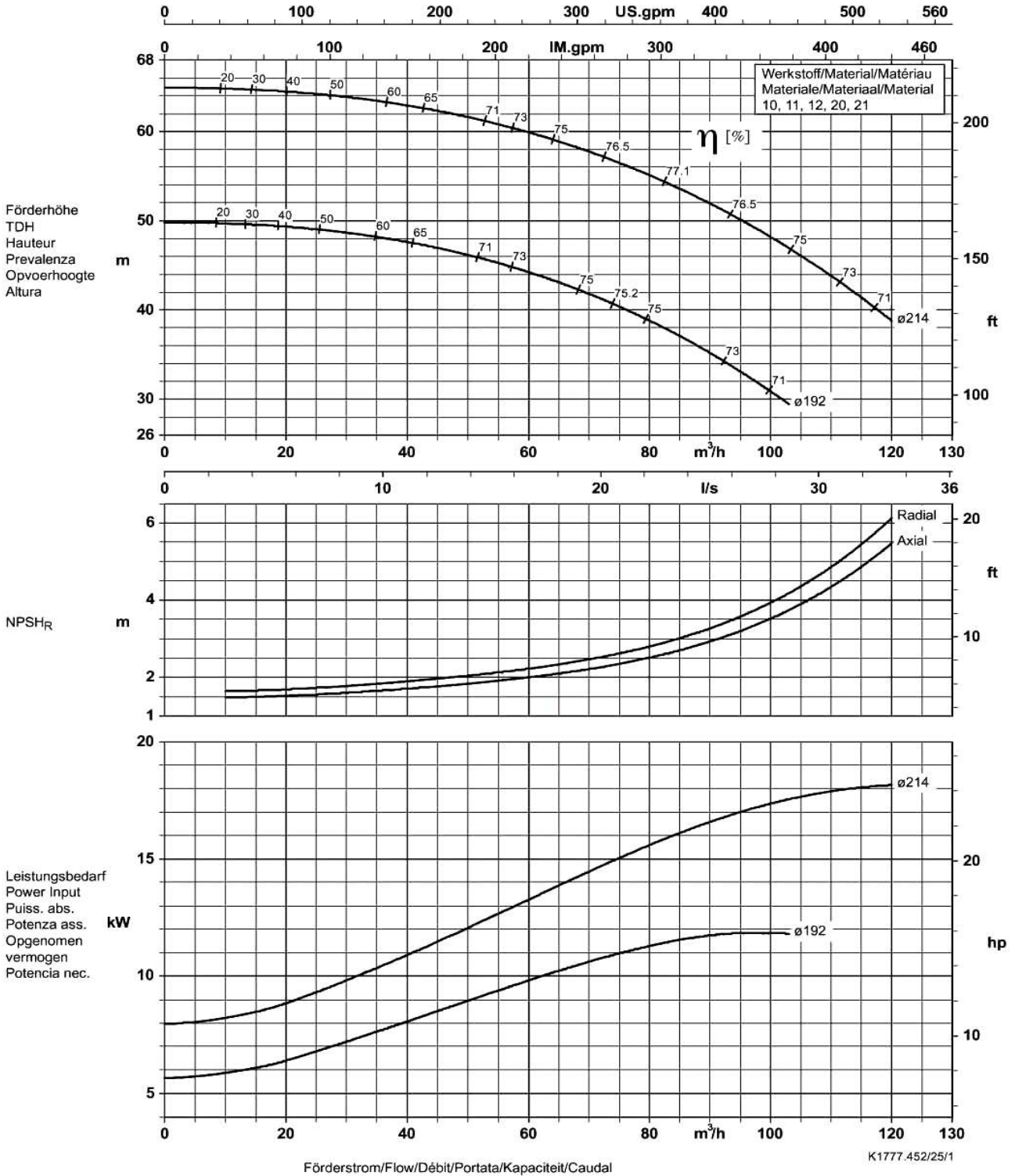
Marque : KSB
Type Multitec 65 6.1 à aspiration radiale avec une roue de diamètre 192
Ns = 2900 tr/min.

Moteurs électriques :

Pu = 11 kW U = 400 / 690 V 50 Hz
Ns = 3000 tr/min η = 0,78
Rapport Id / In = 5,5
(rapport du courant de démarrage sur le courant nominal)
cos φ nominal = 0,75
cos φ démarrage = 0,6

DOCUMENT 6

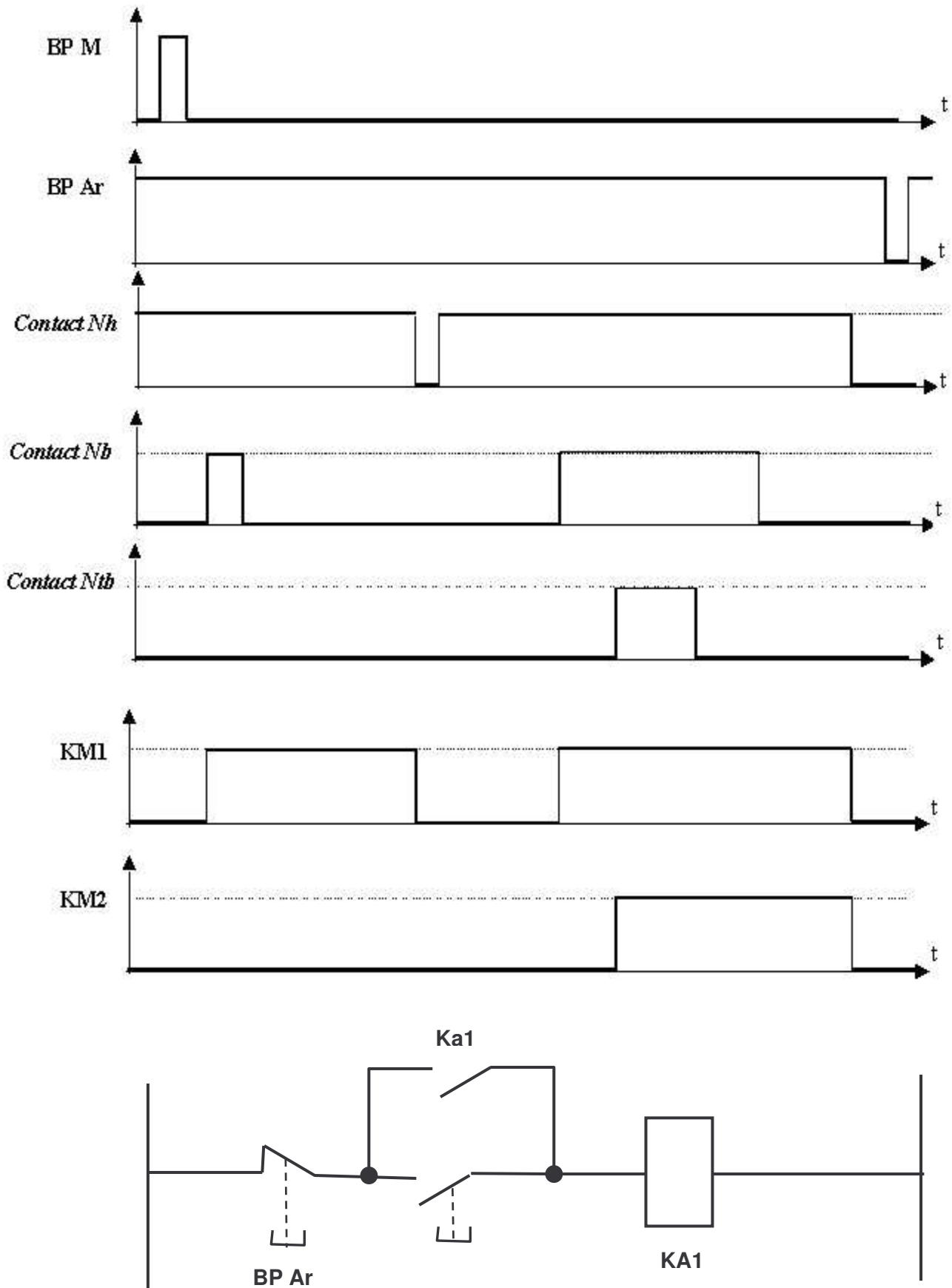
Baureihe-Größe Type-Size Modèle Multitec 65 6.1 JL1040/CC480K-GS	Tipo Serie Tipo	Nenndrehzahl Nom. speed Vitesse nom. 2900 1/min	Velocità di rotazione nom. Nominaal toerental Revoluciones nom.	Laufrad-ø Impeller Dia. Diamètre de roue	ø Girante ø Waaier ø Rodete	 Division Pompes Industrie et Eau KSB S. A. Allée de Sagan - B.P. 189 36004 Châteauroux
Projekt Project Projet	Progetto Projekt Proyecto	Angebots-Nr. Project No. No. de l'offre	Offerta-No. Offertenr. Offerta-No.	Pos.-Nr. Item No. No. de pos.	Pos.-Nr. Positiën. Pos.-Nr.	



Laufradaustrittsbreite/Impeller outlet width/Largeur à la sortie de la roue 12,5 mm
 Luce della girante/Waaier uitredebreëde/Anchura de salida rodete 12,5 mm

DOCUMENT 7

Chronogrammes et schéma



B E C

Nom :
(EN MAJUSCULES)

Prénoms :

Date de naissance :

19

EXAMEN :

Spécialité ou Option :

EPREUVE :

Centre d'épreuve :

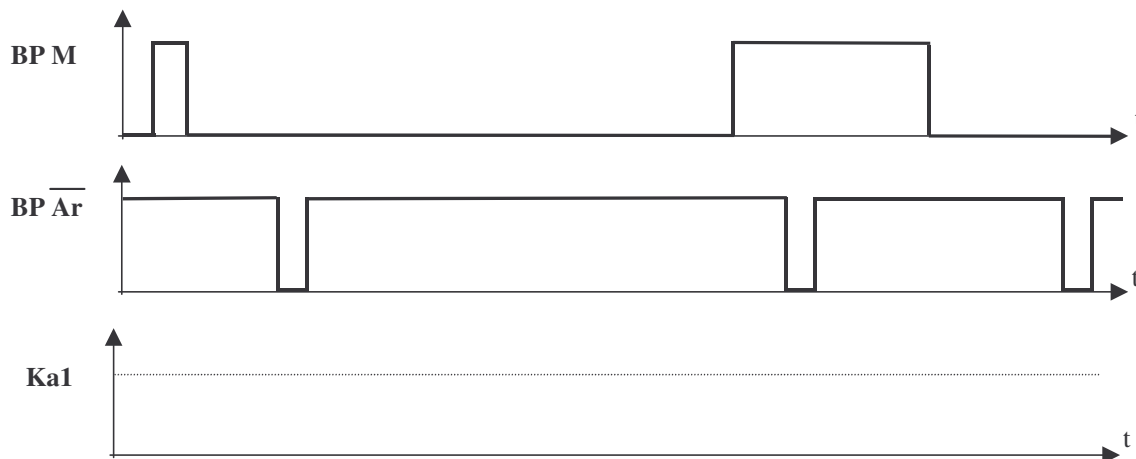
Date :

N° ne rien inscrire

ANNEXE A (à compléter et à rendre avec la copie)

N° ne rien inscrire

A 1 : Chronogrammes



A 2 : Grafcet de fonctionnement normal

