

Brevet de technicien supérieur

Fluides Énergies Domotique

Option Domotique et Bâtiments Communicants

Épreuve E32

Physique et Chimie

Session 2019

Durée : 2 heures

Coefficient : 1

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Important

Ce sujet comporte, en plus de cette page de garde, 10 pages.
Les documents réponses de la page 10 sont à rendre et àagrafer avec la copie.

La Crèche Collective de GUÉRET (Creuse)

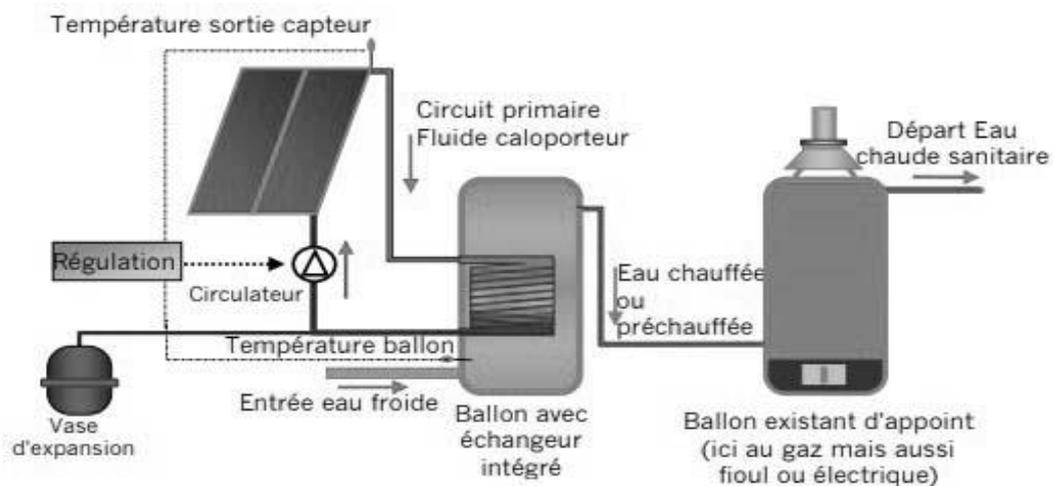


Cette structure intercommunale, construite en 1981, est située sur la commune de Guéret (Creuse).

D'une surface de 800 m², elle propose un accueil des enfants en bas âge en priorité de la Communauté d'Agglomération du Grand Guéret.

Le chauffage intégralement électrique a été remplacé par un chauffage au gaz en 2005. L'eau chaude sanitaire, ou ECS, est utilisée pour les bains des enfants, pour le ménage et pour la vaisselle.

La production d'ECS est assurée par des capteurs solaires thermiques dont la surface de chacun d'entre est de 2,0 m², avec un appoint assuré par une chaudière à condensation à gaz.



Source : Conseil Départemental des Landes
Le solaire thermique

Le technicien qui vient d'être embauché par la Communauté d'Agglomération décide de faire une vérification globale de l'ensemble de l'installation de production d'eau chaude sanitaire.

Le sujet comporte quatre parties indépendantes qui peuvent être traitées séparément.

BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 1/10

A. Dimensionnement des capteurs solaires thermiques

On se propose de déterminer le nombre de capteurs solaires nécessaires pour répondre aux besoins de chauffage de l'eau chaude sanitaire de la crèche.

Données :

- capacité thermique massique de l'eau égale : $c_{\text{eau}} = 4,185 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Chaque capteur solaire thermique a une surface de $2,0 \text{ m}^2$.

En moyenne, la consommation d'ECS est évaluée à 500 litres d'eau par jour.

I. Fonctionnement au mois de juillet

1. Au mois de juillet, l'eau froide est à une température Θ_f égale à $14 \text{ }^\circ\text{C}$.

On veut la réchauffer à une température Θ_c égale à $55 \text{ }^\circ\text{C}$.

Montrer que l'énergie nécessaire pour chauffer l'eau au mois de juillet qui compte 31 jours, Q vaut $7,4 \cdot 10^2 \text{ kW} \cdot \text{h}$.

2. En juillet à Guéret le rayonnement global est de $160 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mois}^{-1}$.

Les capteurs ont un rendement de 51 %.

Calculer l'énergie récupérée par une surface de $1,0 \text{ m}^2$ du capteur pendant le mois de Juillet, E_R .

3. Déterminer le nombre de capteurs, N_P , nécessaires pour ce fonctionnement du mois de juillet.

II. Fonctionnement global annuel

Les relevés de consommation énergétique mensuels de l'année sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
Besoins (kWh)	1080	929	911	823	774	571	443	443	658	831	925	858	9246
Apport solaire (kWh)	203	259	402	515	489	535	576	536	534	394	282	194	4919
Couverture (%)	18,8	27,9	44,1	62,6	63,2	93,7	130	121	81,2	47,4	30,5	22,6	57,7
Appoint nécessaire (kWh)	877	670	509	308	285	36	0	0	124	437	643	664	4327

D'autres informations pouvant être utiles sont données dans l'annexe 1.

1. En utilisant les données du mois de février, la surface calculée des capteurs aurait été de 25 m^2 . La Communauté d'Agglomération est favorable à un tel dimensionnement.

Rédiger une note de synthèse à destination de la Communauté d'Agglomération expliquant pourquoi ce ne serait pas un choix judicieux et pourquoi on dimensionne habituellement la surface de capteurs en se basant sur les mois d'été.

BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 2/10

2. Expliquer pourquoi le fluide caloporteur contient du glycol.

B. La chaudière à condensation

Le liquide issu de la condensation de la vapeur d'eau est appelé condensat.

Le technicien s'intéresse à ce condensat et veut déterminer s'il peut le rejeter directement à l'égout.

Les gaz d'échappement, dont le dioxyde de carbone produit par la combustion, se dissolvent dans l'eau des condensats. Ainsi une partie du dioxyde de carbone gazeux produit par la chaudière n'est pas évacuée dans l'atmosphère mais est dissoute dans l'eau des condensats.

Le technicien décide de mesurer le pH du condensat de la chaudière.

On donne les couples acido-basiques suivants : $CO_2, H_2O/HCO_3^-$ et HCO_3^-/CO_3^{2-} .

1. Citer l'appareil qui permet de mesurer le pH .
2. Justifier le fait que les condensats sont acides.
3. Expliquer pourquoi le technicien a décidé d'installer, pour l'évacuation des condensats, un petit réservoir contenant des billes/granulés composés de carbonate de calcium ($CaCO_3$) ou de magnésium ($MgCO_3$), c'est-à-dire du calcaire.

C. Le capteur de température

Des informations pouvant être utiles sont données dans les annexes 2 à 3.

Pour mettre en marche le circulateur, l'écart de température entre le capteur solaire et le bas du ballon doit être supérieur à $7,0\text{ }^\circ\text{C}$.

Si l'écart de température est inférieur à $3,0\text{ }^\circ\text{C}$, le circulateur s'arrête.

Le circulateur tourne sans arrêt : le technicien pense à un problème de sonde de température et il décide donc de vérifier les sondes.

La sonde du ballon de stockage est une sonde Pt1000.

Cette sonde est un capteur constitué d'un filament de platine dont la résistance R varie avec la température Θ .

I. Caractéristique de la sonde

Le technicien décide de tracer la caractéristique de la sonde $R = f(\Theta)$.

1. Proposer une stratégie expérimentale permettant de tracer cette caractéristique.
2. Illustrer la stratégie précédente avec un schéma simple.
3. La caractéristique obtenue est donnée dans l'annexe 2.

Préciser si la sonde Pt1000 est un capteur linéaire. Justifier la réponse.

4. La sensibilité S d'un capteur correspond à la variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée. En justifiant la réponse donner la valeur de la sensibilité S de la Pt1000.

BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 3/10

II. Choix de l'appareil de mesure et de la sonde

1. Précision de l'appareil de mesure

L'appareil de mesure est un appareil analogique dont le cadran présente 100 graduations pour le calibre 2 k Ω .

1.1. Montrer que l'incertitude $U_{lecture}$ sur la mesure de la résistance due à l'appareil est de 12 Ω .

1.2. Le technicien dispose aussi d'un appareil numérique. La mesure de la résistance de la sonde Pt1000 à 20 °C, $R_{numérique}$ avec cet appareil donne la valeur de 1074 Ω , avec une incertitude notée $U'_{lecture}$, égale à 3 Ω . Préciser dans quel intervalle se trouve la valeur réelle de la résistance.

1.3. Indiquer l'appareil le plus précis en justifiant la réponse.

2. Choix de la sonde

Le technicien dispose sur l'annexe 2 de la caractéristique d'une thermistance CTN.

Sans faire de calcul, expliquer pourquoi le technicien pense qu'il peut être plus intéressant d'utiliser une CTN plutôt qu'une Pt1000 pour mesurer une température de l'eau comprise entre 10 °C et 60 °C.

D. La qualité de l'eau

Des informations pouvant être utiles sont données dans les annexes 4 à 5.

Dans le dossier archivé concernant l'eau chaude sanitaire de la crèche de Guéret, le technicien a retrouvé un document d'analyse de l'eau de la commune mais la date n'est pas indiquée.

Il décide donc de refaire des mesures notamment celle concernant la dureté de l'eau.

1. Caractériser une eau dure.

2. Expliquer pourquoi la connaissance de la valeur de la dureté d'une eau est une information importante pour les utilisateurs.

3. Concentration en ions calcium et magnésium

Un volume d'eau, V_{eau} égal à 100,0 mL d'eau est dosé par une solution d'EDTA de concentration C égale à $1,00 \cdot 10^{-2}$ mol·L⁻¹. L'équivalence est atteinte pour un volume V_{eq} égal à 9,0 mL.

3.1. Annoter le schéma du document réponse 1 à rendre avec la copie en indiquant le matériel et les solutions utilisés.

3.2. Indiquer le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.

3.3. Calculer la valeur de la concentration molaire en ions calcium et magnésium de l'eau analysée définie par la somme des concentrations molaires des ions Ca²⁺ et Mg²⁺.

3.4. Expliquer en justifiant si les conclusions données par le document de l'annexe 4 sur la dureté de l'eau sont confirmées par la mesure du technicien.

BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 4/10

ANNEXE 1

Fluide caloporteur et panneaux solaires

Le circuit primaire relatif à l'installation sous pression est totalement rempli d'un fluide caloporteur résistant au gel.

Il peut arriver que le fluide caloporteur se mélange à l'eau chaude sanitaire en cas de fuites au niveau de l'échangeur. Pour pallier tout risque sanitaire, il est conseillé d'utiliser un fluide de qualité alimentaire. On utilise généralement du propylène glycol.

Monopropylène glycol ($C_3H_8O_2$): c'est un alcool utilisé comme additif alimentaire et considéré comme non toxique. On le retrouve comme émulsifiant dans les sauces industrielles sous le code E1520, comme antimoisissure dans les cosmétiques, comme produit à faire de la fausse fumée pour les effets spéciaux du cinéma et des spectacles, comme produit de dégivrage sur les ailes des avions. Pour un fonctionnement en toute sécurité, seuls les mélanges eau/glycol certifiés « pour installations solaires » doivent être utilisés.

Capacité thermique: $2\,500\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Température de fusion : -59°C (-21°C à 40% dans l'eau)

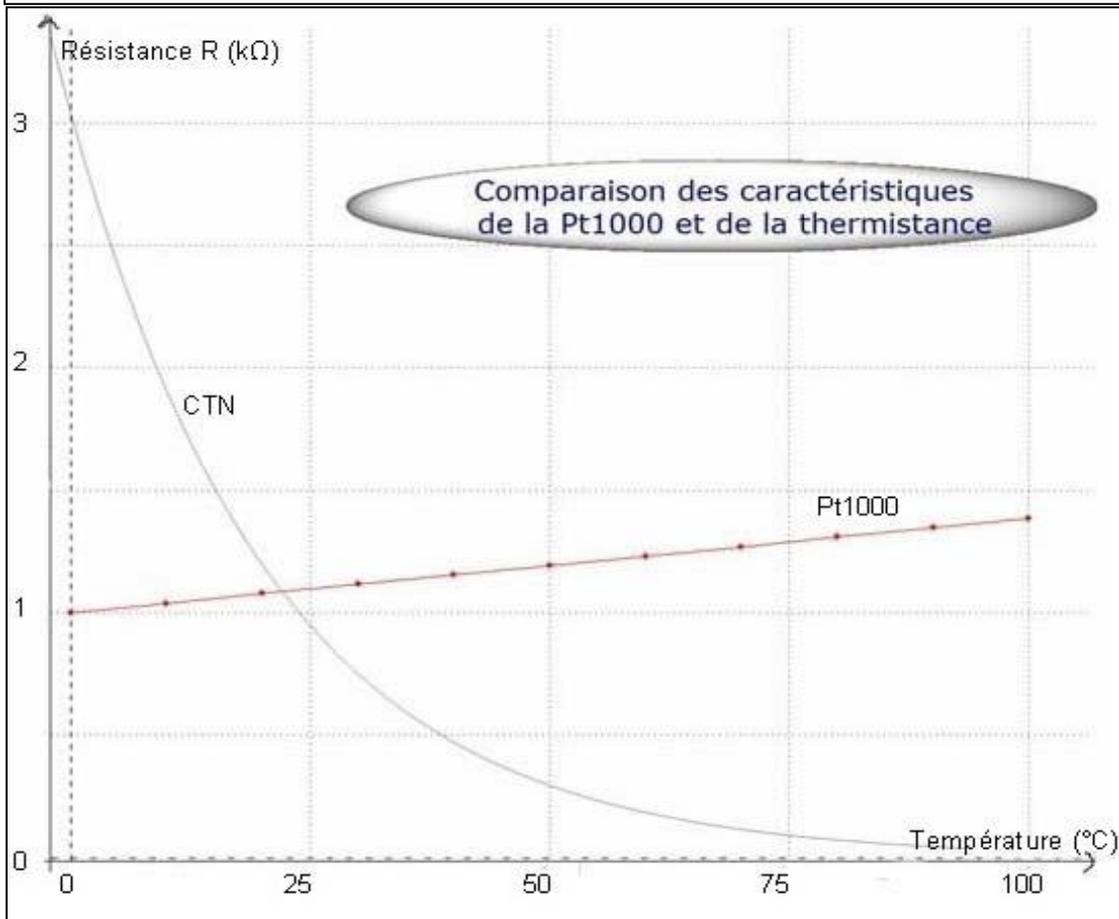
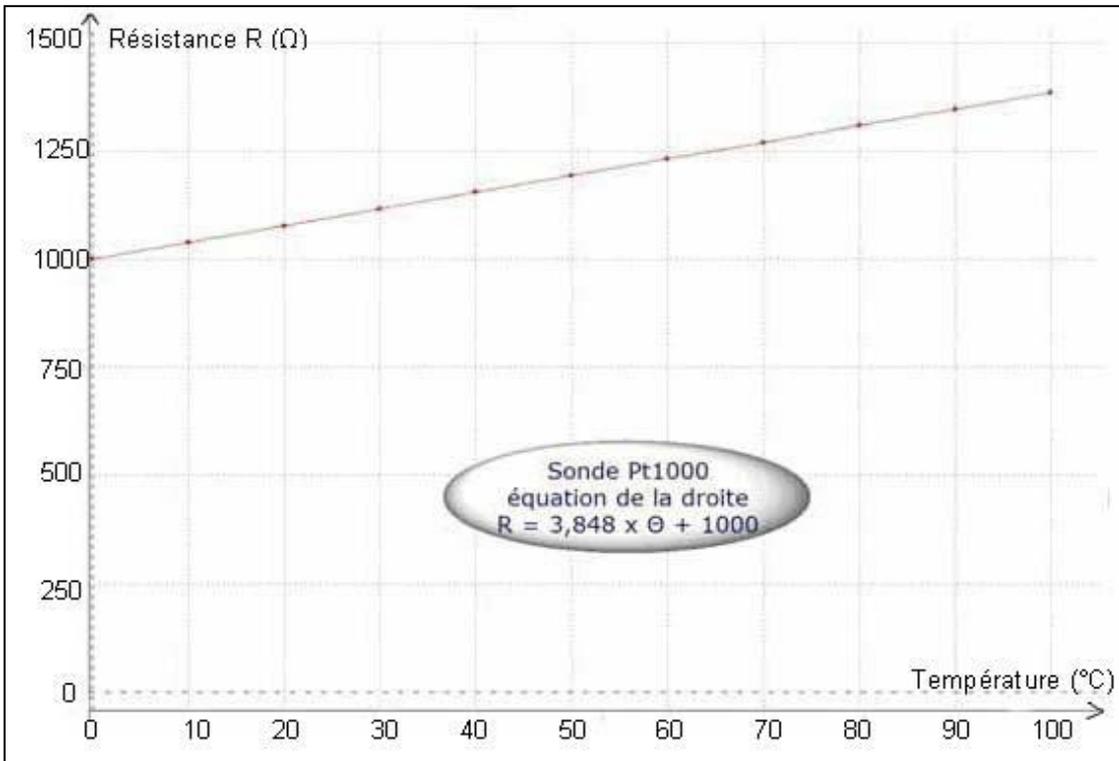
Température d'ébullition : 188°C (104°C à 40% dans l'eau)

Les mélanges eau/antigel se dégradent assez vite dans le temps à cause des surchauffes liées notamment à un surdimensionnement des capteurs solaires, et les propriétés en sont altérées.

BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 5/10

ANNEXE 2

Caractéristiques des sondes de température



BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 6/10

ANNEXE 3

Mesures et incertitudes

Vocabulaire et Notations

- Le **mesurage** est l'ensemble des opérations permettant de déterminer expérimentalement une ou plusieurs valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur.
- Le **résultat du mesurage** (résultat de mesure) n'est pas une valeur, il sera donné sous la forme d'un intervalle des valeurs probables de la grandeur associé à un niveau de confiance.

→ Expression du résultat du mesurage :

$$M = m \pm U(M) \text{ unité}$$

Avec les notations de métrologie : **m la mesure** (un nombre), **U(M) l'incertitude**.

- La valeur vraie M_{vraie} est la valeur que l'on obtiendrait si le mesurage était parfait. Un mesurage n'étant jamais parfait il ya toujours une erreur de mesure $E_r = m - M_{\text{vraie}}$
- La **fidélité** d'un mesurage est son aptitude à donner des résultats très voisins.
- La **justesse** d'un mesurage est son aptitude à donner des résultats proches de la valeur vraie.
- La **précision** d'un mesurage est son aptitude à donner des résultats justes et fidèles.

Estimation d'une incertitude

Une part importante du travail expérimental réside dans l'estimation de l'intervalle de confiance associé à un niveau de confiance donné exprimé en %.

- Lorsque les incertitudes sont évaluées par des méthodes statistiques, l'évaluation est dite **de type A**.
- Quand la détermination statistique n'est pas possible, on dit que **l'évaluation est de type B**.
- Lorsque les sources d'incertitude sont multiples, on estime l'incertitude-type pour chacune d'entre elles et l'on fait un bilan global pour construire une **incertitude composée**, qui peut mélanger des évaluations de type A et de type B.

Incertitude de type A

Soient n mesures effectuées dans les mêmes conditions expérimentales dites conditions de répétabilité (même opérateur, même matériel, ...).

La valeur retenue comme valeur mesurée est **la moyenne** :

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i$$

L'écart-type expérimental a pour expression :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots \text{ (s.n. des calculatrices)}$$

Pour un $n > 50$, l'incertitude est telle que : $U(M) = \frac{2 \cdot s}{\sqrt{n}}$

Pour un $n < 50$, on utilise la relation de Student : $U(M) = \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}}$

t est un coefficient qui dépend du nombre de mesures (voir tableau suivant).

Coefficient de Student pour un niveau de confiance de 95 %

n	2	3	4	5	6	7	8	9
t	12,7	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31

n	10	12	14	16	18	20	30	50
t	2,26	2,20	2,16	2,13	2,11	2,09	2,04	2,01

Incertitudes de type B

Cette incertitude sera « estimée » à partir d'informations: expériences, certificat d'étalonnage, classe des instruments, documentation constructeur...

Quelques exemples usuels :

cas	incertitude-type
Appareil analogique (appareil à cadran, réglet, ...)	$U_{\text{lecture}}(M) = \frac{\text{graduation}}{\sqrt{3}}$
Appareil numérique (voltmètre, ampèremètre, ...)	$U(M) = \frac{2 \cdot (p \times \text{lecture} + n \times \text{digit})}{\sqrt{3}}$ Les valeurs de p et n sont données par le constructeur, le digit est la plus petite valeur lisible sur l'écran
Autre instrument avec la précision ou tolérance du constructeur	$U_{\text{instrument}}(M) = \frac{2 \cdot \text{tolérance}}{\sqrt{3}}$

Incertitude composée

Lorsqu'un résultat est obtenu à partir de mesurage de grandeurs indépendantes on calcule l'incertitude à l'aide des calculs suivants :

$$U(M) = \sqrt{U(m_1)^2 + U(m_2)^2} \text{ si } M = M_1 + M_2 \text{ ou } M = M_1 - M_2$$

$$\frac{U(M)}{m} = \sqrt{\left(\frac{U(M_1)}{m_1}\right)^2 + \left(\frac{U(M_2)}{m_2}\right)^2} \text{ si } M = M_1 \cdot M_2 \text{ ou } M = \frac{M_1}{M_2}$$

Parfois, on mélange les évaluations de type A et de type B, le

$$\text{calcul de l'incertitude-type est } U = \sqrt{U_{\text{typeA}}^2 + U_{\text{typeB}}^2}$$

Incertitude relative du résultat

L'incertitude relative est $\frac{U(M)}{m}$ exprimée en %

Ecriture finale du résultat

$$M = m \pm U(M) \text{ unité}$$

ou $m - U(M) \text{ unité} < M < m + U(M) \text{ unité}$

- Pour l'incertitude **U(M)**, on garde **1 chiffre significatif** (2 au maximum) arrondi en le majorant.
- Pour la valeur mesurée **m**, on garde le nombre de décimale imposé par l'incertitude. Ainsi le dernier chiffre significatif de la valeur mesurée doit être à la même position décimale que le dernier chiffre de l'incertitude U(M)

BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 7/10

ANNEXE 4

Analyse d'eau de la commune de Gueret



ARS
Agence Régionale de Santé
Limousin

Délégation Territoriale de la Creuse
Santé-Environnementale
rue Alexandre GUILLON - BP 309
23006 GUERET CEDEX

LE CONTROLE SANITAIRE
L'Agence Régionale de Santé assure le contrôle sanitaire des eaux de consommation en application du code de la Santé Publique. Ce document présente une synthèse de ces contrôles. Les résultats complets sont des documents publics que vous pouvez consulter en mairie.

RECOMMANDATIONS DE CONSOMMATION

- ☞ Lorsque la teneur en fluor des eaux distribuées est inférieure à 0,5 mg/L, il peut être utile, pour la prévention de la carie dentaire notamment chez l'enfant, d'effectuer un apport complémentaire de fluor par l'utilisation de sel de cuisine fluoré ou de comprimés de fluor (après avis médical).
- ☞ Lorsque la saveur ou la couleur de l'eau présente un aspect inhabituel, ne la consommez pas et signalez-le au distributeur de l'eau.
- ☞ Laisser couler l'eau quelques instants avant de la consommer : en effet lorsque l'eau stagne dans les canalisations, elle peut se dégrader, avoir des saveurs désagréables, et notamment se charger en métaux (fer, cuivre voire plomb) par corrosion des conduites.
- ☞ Si votre installation intérieure comporte des canalisations en plomb, il est nécessaire d'envisager leur remplacement dans les meilleurs délais.

Pour tous renseignements
Votre distributeur d'eau
SAUR
Tel. 05 87 23 10 00

L'eau que vous consommez...

Nom du réseau de distribution : **GUERET CENTRE VILLE**
Gestionnaire du réseau : MAIRIE DE GUERET
Exploitant du réseau : SAUR

Les principales installations qui alimentent ce réseau sont :
Station de production de : **COURTILLE-PISSERATE**

...Quelle qualité en :

Qualité bactériologique	
Paramètres dont la présence dans l'eau peut porter atteinte à la santé des consommateurs	Paramètres témoins du bon fonctionnement des installations
Nombre de mesures : 38 % de conformité : 100 %	Nombre de mesures : 38 % de conformité : 95 %

Qualité chimique	
<p style="text-align: center;">Conductivité <small>(Une conductivité inférieure à 200 µS/cm caractérise une eau peu minéralisée)</small></p> <p>Nombre de mesures : 38 Valeur minimale atteinte : 92,6 µS/cm % de conformité : 74%</p>	<p style="text-align: center;">pH <small>Un pH inférieur à 7 caractérise une eau acide (minimum autorisé pH 6,5 et maximum pH 9,0)</small></p> <p>Nombre de mesures : 38 Valeur minimale atteinte : 6,3 % de conformité : 97 %</p>
<p style="text-align: center;">Nitrates <small>(maximum autorisé 50 mg/L)</small></p> <p>Nombre de mesures : 11 Valeur minimale atteinte : 5 mg/L Valeur maximale atteinte : 11 mg/L % de conformité : 100 %</p>	<p style="text-align: center;">Dureté <small>(Une eau dure est une eau calcaire)</small></p> <p>Nombre de mesures : 8 Valeur moyenne : 8,9 °F Cette eau est peu calcaire</p>

Pesticides	
(Pour la plupart des pesticides la concentration doit être inférieure à 0,1µg/L)	
Nombre de prélèvements : 3 Valeur maximale atteinte : 0,010 µg/L	Nombre de mesures : 330 Nombre de non-conformités : 0

Arsenic	
(Pour l'arsenic la concentration doit être inférieure à 10 µg/L)	
Nombre de prélèvements : 3 Valeur maximale atteinte : 2 µg/L	Nombre de mesures : 3 Nombre de non-conformités : 0

Conclusion sanitaire

Eau de qualité bactériologique satisfaisante.

pH correct, eau peu calcaire.

Reminéralisation de l'eau acceptable nécessitant cependant une optimisation du traitement.

La teneur en fluor est inférieure à 0.5 mg/L.

Ce document a été rédigé par la Délégation Territoriale de la Creuse - ARS Limousin - en application de l'arrêté du 10/juin/1996 relatif aux factures de distribution d'eau.

BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 8/10

ANNEXE 5

Détermination du titre hydrotimétrique par dosage colorimétrique

Principe du dosage

L'ion calcium (ou magnésium) donne avec l'**EDTA** (noté Y^{4-}) un ion complexe incolore, très stable noté CaY^{2-} (ou bien MgY^{2-} dans le cas de l'ion Mg^{2+}).

Compte tenu de l'absence de teinte des ions calcium (magnésium) et de l'ion complexe formé, le repérage de l'équivalence nécessite l'utilisation d'un indicateur coloré : **le noir ériochrome T**.

En absence d'ions calcium ou magnésium, le noir ériochrome T prend une **teinte bleue** en milieu basique. On utilisera une **solution tampon pH 10**.

En présence d'ions calcium ou magnésium, le noir ériochrome T (noté Ind) forme avec l'ion calcium (magnésium) un **complexe coloré rose** $[Ca(Ind)]^{2+}$.

Lorsqu'on ajoute l'EDTA à la solution, l'EDTA réagit avec les complexes $Ca(Ind)^{2+}$ et $Mg(Ind)^{2+}$ selon les réactions d'équation :



Dureté de l'eau et concentration en ions calcium et magnésium

La dureté, ou titre hydrotimétrique (TH), d'une eau correspond à la somme des concentrations en ions calcium et magnésium. Il se mesure en « degré français » (°f). On peut déterminer cette grandeur à l'aide de la relation suivante :

$$TH \text{ (°f)} = \frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{10^{-4}}$$

Les concentrations $[Ca^{2+}]$ et $[Mg^{2+}]$ sont exprimées en $mol \cdot L^{-1}$.

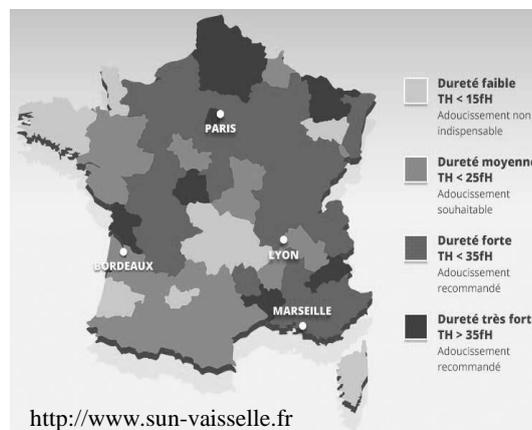
Données : masses molaires des ions calcium et magnésium

$$M(Ca^{2+}) = 40,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(Mg^{2+}) = 24,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :

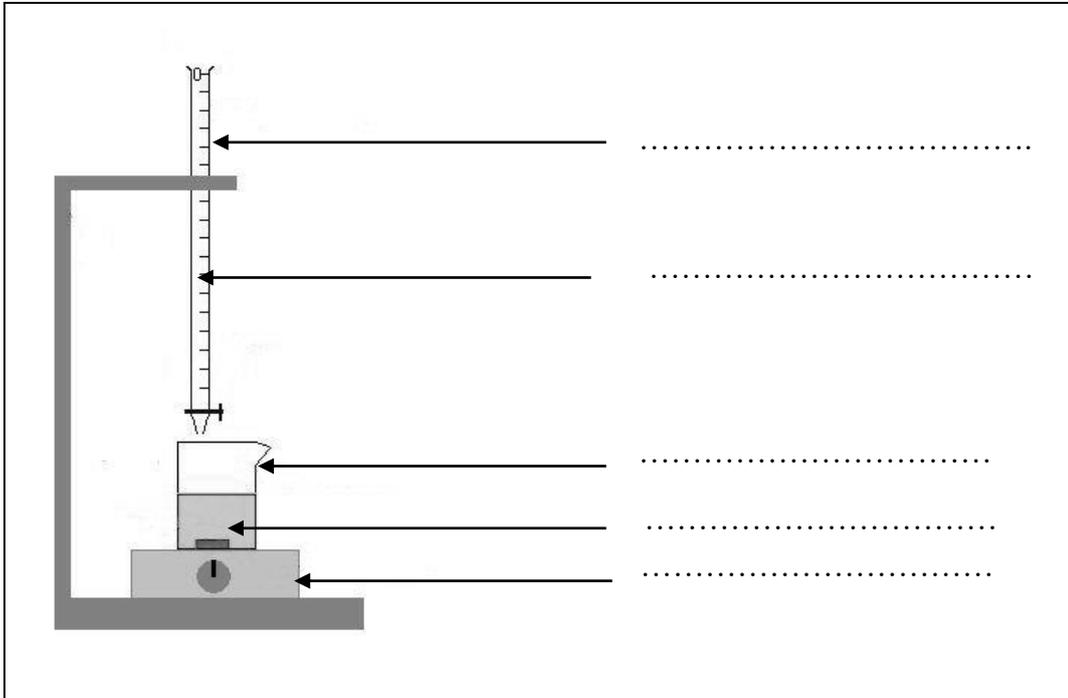
TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+ 40
Eau	très douce	douce	plutôt dure	dure	très dure



BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 9/10

Document réponse 1
à rendre avec la copie

Schéma du montage



BTS Fluide Énergies Domotique option DBC	sujet	session 2019
épreuve E32 : physique et chimie	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 19FEPHDBC1		page 10/10