Partie 1 : du jus de pomme au calvados (10 points)

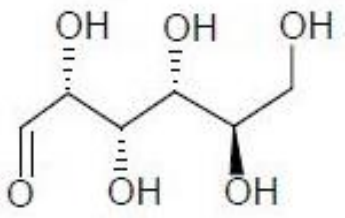
Détermination du type de cidre :

Les sucres du moût

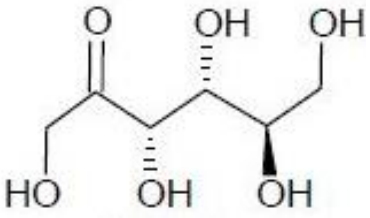
La fabrication du cidre commence par le broyage et le pressurage de pommes permettant d'obtenir un jus appelé moût. Ce moût contient une forte quantité de sucres dont les deux principaux sont le glucose et le fructose.
La concentration en masse totale de sucre dans ce jus est de 107 $g \cdot L^{-1}$.

Les molécules de glucose et de fructose

Leur formule brute est identique : $C_6H_{12}O_6$.



Glucose



Fructose

1.1. Entourer les groupes caractéristiques présents dans la molécule de glucose **sur le document réponse en page 15/16, à rendre avec la copie** et donner les noms des fonctions chimiques correspondantes.

1.2. Citer un réactif utilisé pour identifier le groupe fonctionnel -CHO du glucose.

L'éthanol formé par fermentation

Le jus de pomme subit la fermentation alcoolique qui conduit à la formation d'éthanol de formule brute C_2H_6O et de dioxyde de carbone.
Il existe différents types de cidre en fonction de la teneur en sucre.
Pour déterminer le caractère brut, demi-sec ou doux du cidre, on réalise un dosage indirect de l'éthanol qu'il contient. On désigne par C_0 la concentration en quantité de matière en éthanol dans le cidre.

Étape 1 : oxydation de l'éthanol par les ions permanganate en milieu acide

Dans un erlenmeyer :

- Introduire un volume V_0 = 10,0 mL de cidre.
- Ajouter un volume V_1 = 150,0 mL d'une solution acidifiée de permanganate de potassium ($K^+(aq) + MnO_4^-(aq)$) de concentration en quantité de matière C_1 = 5,00×10^{-2} mol·L^{-1}. Les ions permanganate et les ions H^+ sont ainsi introduits en excès.
- Laisser le temps nécessaire à la transformation de s'effectuer.

L'équation de la réaction s'écrit :

$$5\ C_2H_6O(aq) + 4\ MnO_4^-(aq) + 12\ H^+(aq) \rightarrow 5\ C_2H_4O_2(aq) + 4\ Mn^{2+}(aq) + 11\ H_2O(l)$$

Étape 2 : **dosage des ions permanganate en excès**

On réalise ensuite le dosage des ions permanganate restants par une solution contenant des ions Fe^{2+} à la concentration en quantité de matière C_2 = 7,00×10^{-1} mol·L^{-1}.

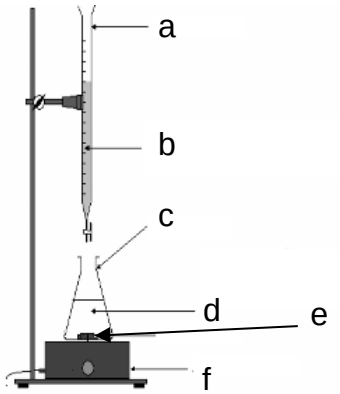
Données :

Couples oxydant-réducteur mis en jeu lors du dosage de l'**étape 2** :
MnO_4^- / Mn^{2+} et Fe^{3+} / Fe^{2+}.

1.3. Montrer que l'équation de la réaction support du titrage entre les ions permanganate MnO_4^- et les ions Fe^{2+} de l'**étape 2** est :

$$MnO_4^-(aq) + 5\ Fe^{2+}(aq) + 8\ H^+(aq) \rightarrow\ Mn^{2+}(aq) + 5\ Fe^{3+}(aq) + 4\ H_2O(l)$$

Le schéma du dispositif de titrage est donné ci-dessous.



1.4. Sur la copie, associer les lettres a, b, c, d, e et f, au nom du matériel et des solutions correspondantes.

Le volume de solution aqueuse d'ions Fe^{2+} versé à l'équivalence vaut V_E = 13,8 mL.
On fera l'approximation que la seule espèce colorée en solution est l'ion permanganate.

1.5. Indiquer comment on repère précisément l'équivalence de ce titrage.

1.6. Définir l'équivalence d'un titrage.

1.7. Montrer que la quantité de matière d'ions permanganate restante à la fin de l'**étape 1** vaut $n(MnO_4^-)_{restant}$ = 1,93×10^{-3} mol.

On en déduit que la quantité de matière d'éthanol contenue dans l'échantillon de cidre de volume V_0 = 10,0 mL vaut n_0 = 6,96·10^{-3} mol.

1.8. Calculer la concentration C_0 en quantité de matière en éthanol dans le cidre analysé.

1.9. En déduire la concentration en masse C_m de l'éthanol dans le cidre sachant que la masse molaire de l'éthanol est M_{eth}= 46,0 g·moL^{-1}.

1.10. Montrer que la masse d'éthanol présente dans 100 mL de ce cidre vaut 3,20 g.

Le degré alcoolique d'un cidre (exprimé en % volumique) correspond au volume d'éthanol (en mL) contenu dans 100 mL de cidre.
On donne la masse volumique de l'éthanol : $\rho_{éthanol}$ = 0,79 g·mL^{-1}

1.11. Déterminer le degré alcoolique d_{cidre} du cidre étudié.

Les différents cidres obtenus après fermentation du moût sont donnés dans le tableau ci-dessous.

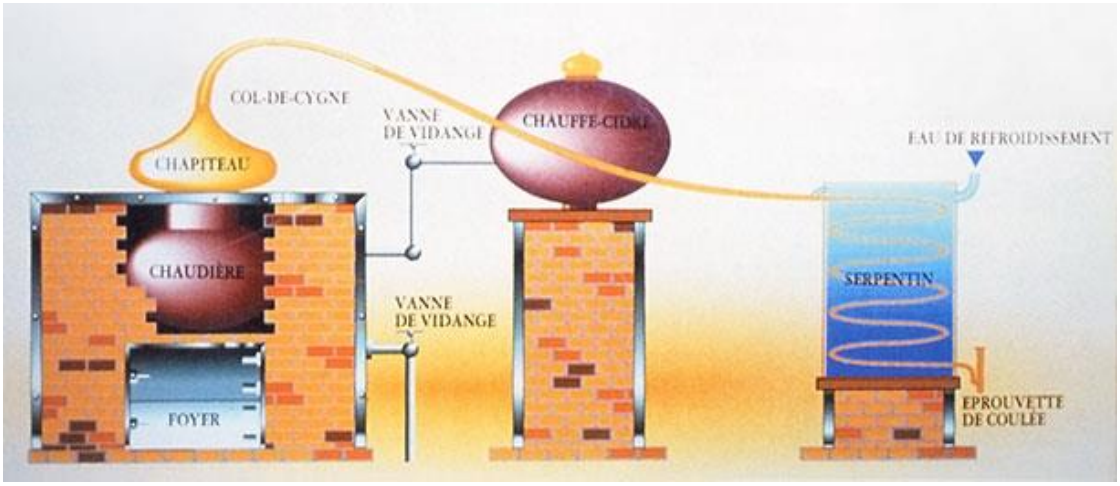
Nature du cidre	Moût	Cidre doux	Cidre demi-sec	Cidre brut
Concentration en sucre (g·L^{-1})	> 85	> 42	28 – 42	< 28
Degré d'alcool (% vol)	Négligeable	< 3	3 - 4,5	Environ 5

D'après www.quechoisir.org

1.12. En utilisant le document ci-dessus, préciser si le cidre est brut, demi-sec ou doux.

Fabrication du calvados :

Le calvados est une boisson alcoolisée traditionnelle obtenue par distillation du cidre.



Extrait du livre "Calvados" par Henrik Mattsson

Le cidre est introduit dans le chauffe-cidre où il est pré-chauffé. Il passe ensuite dans la chaudière où il est porté à 80°C. Les vapeurs d'alcool passent par le col-de-cygne, traversent le chauffe-cidre pour préchauffer le cidre et finissent dans le condenseur. Cet appareil, alimenté en eau froide, permet la condensation des vapeurs qui circulent dans un serpentin ainsi que le refroidissement du liquide formé (distillat).
L'opération est répétée deux fois.

D'après calvados-dupont.fr

La mise au point du procédé de distillation exploite le diagramme binaire isobare du mélange éthanol / eau fourni en page **15/16**.

1.13. Sur le document réponse en page 15/16 à rendre avec la copie, nommer :

- les phases correspondant aux trois domaines numérotés 1, 2 et 3.
- les deux courbes (a) et (b) délimitant les trois domaines.
- le point P.

En première approximation, le distillat obtenu après une première distillation peut être assimilé à un mélange eau-éthanol de fraction molaire en éthanol de 10 %, qui est engagé dans une deuxième distillation.

1.14. Déterminer, en faisant les constructions nécessaires sur le **document réponse en page 15/16 à rendre avec la copie** :

- la température d'ébullition de ce mélange.
- la fraction molaire en éthanol des premières bulles de vapeur.

1.15. Préciser, en justifiant, s'il est possible d'obtenir de l'éthanol pur par plusieurs distillations successives.

Première approche d'une boucle de régulation de température dans un procédé de distillation industrielle.

Dans le procédé de distillation industrielle, il est nécessaire de contrôler la température du distillat en sortie du condenseur en agissant sur le débit d'eau froide, afin de limiter l'influence de la température extérieure et des variations de débit des vapeurs d'alcool.

On dispose du matériel suivant :

- Un **capteur-conditionneur** de température permettant la conversion d'une température mesurée en une tension,
- Un **régulateur** qui compare la **consigne de température** à la **température mesurée** et ainsi commande une **électrovanne**,
- Une **électrovanne** qui permet de laisser passer (électrovanne ouverte) ou d'arrêter (électrovanne fermée) l'eau froide,
- Un **échangeur thermique** permettant la double circulation à contre-courant des vapeurs d'alcool et du fluide frigorigène.

1.16. Indiquer la grandeur réglée, la grandeur réglante et une grandeur perturbatrice.

1.17. Compléter le schéma de la boucle de régulation **sur le document réponse en page 16/16 à rendre avec la copie**, en légendant les blocs ainsi que les signaux et grandeurs correspondant aux numéros 1 à 5.

Le régulateur est constitué d'un microcontrôleur dont une partie du programme est donnée ci-après.

L'électrovanne est ouverte (laissant passer l'eau froide) lorsque la sortie de la carte microcontrôleur est à l'état haut (HIGH).
L'électrovanne est fermée (ne laissant pas passer l'eau froide) lorsque la sortie de la carte microcontrôleur est à l'état bas (LOW).

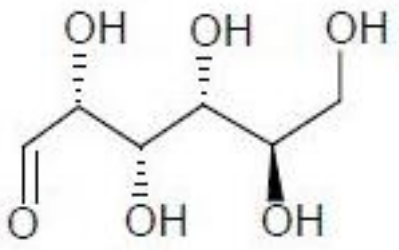
Partie du programme de régulation téléversé dans le microcontrôleur

```
10//------------------------------------ BOUCLE PRINCIPALE ------------------------------------
11 void loop() {
12 Temperature=ReadTemperature(T_Liquide) ;          // mesure de la température
13    if (Temperature > T_consigne)            // si la température mesurée > consigne
14   {
15    digitalWrite(EV, ……..);                    // commande à compléter
16    }
17  else                                        // sinon
18  {
19   digitalWrite(EV, ……..);                    // commande à compléter
 20  }
  21  delay(500) ;                             // attendre 500 ms //
22    }
```

1.18. Sur la copie, recopier et compléter les lignes 15 et 19 avec les termes HIGH et LOW.

Document réponse à rendre avec la copie

Question 1.1 :



1 : .....

2 : .....

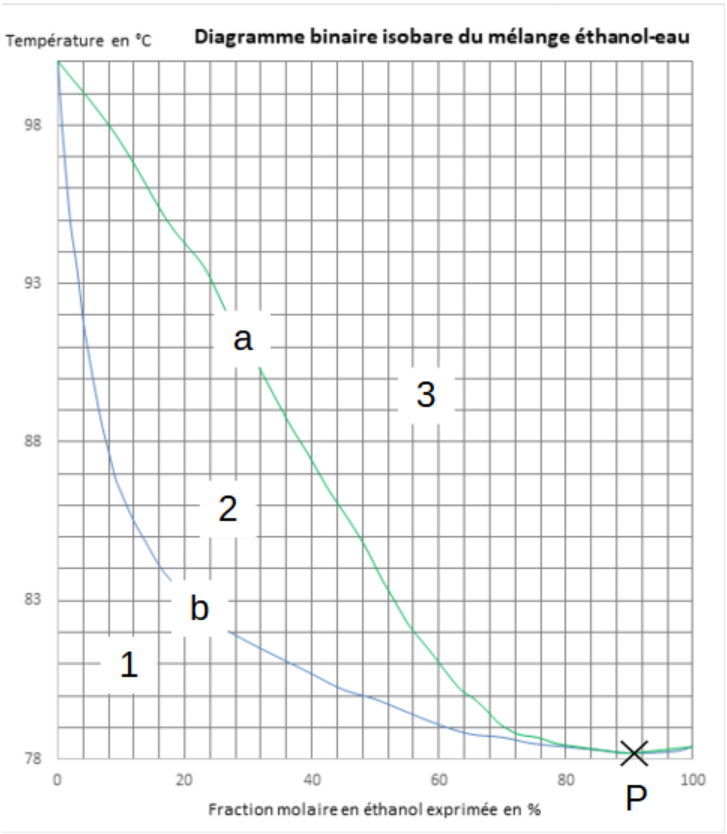
3 : .....

a : .....

b : .....

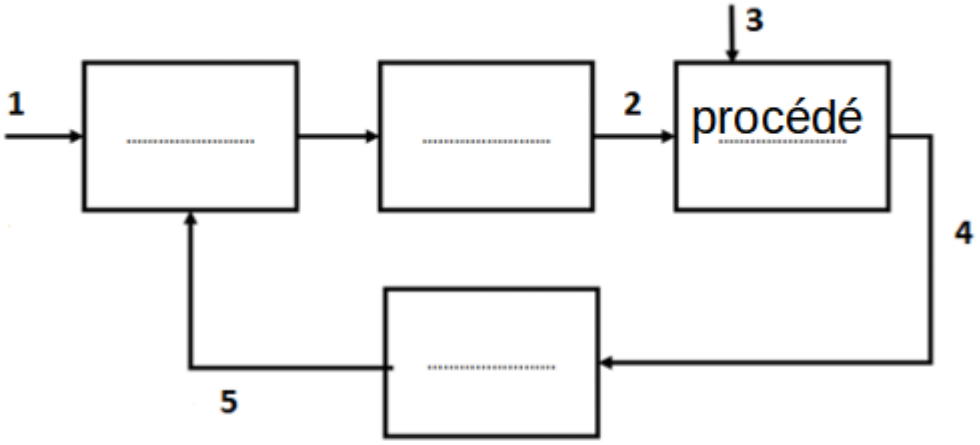
P : .....

Questions 1.13 et 1.14 :



Document réponse à rendre avec la copie

Question 1.17 :



1: .....
2: .....
3: .....
4: .....
5: .....