

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
PILOTAGE DE PROCÉDÉS**

**ÉPREUVE PONCTUELLE U32
ÉPREUVE DE PHYSIQUE CHIMIE
SESSION 2022**

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé :

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

CE SUJET COMPORTE DEUX PARTIES **INDÉPENDANTES** :

| | |
|--|---------------|
| PRÉSENTATION GLOBALE DU SUJET | page 2 à 2 |
| PARTIE 1 | pages 3 et 4 |
| PARTIE 2 | page 5 à 6 |
| Documents 1 à 6 | pages 7 et 8 |
| ANNEXES 1 et 2 à rendre avec la copie | pages 9 et 10 |

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet. Le sujet se compose de 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaire pour résoudre les questions posées. Il justifiera alors, clairement et précisément ces hypothèses.

| | | |
|--------------------------|------------------|---------------|
| BTS PILOTAGE DE PROCÉDÉS | | Session 2022 |
| U 32 - Physique chimie | Code : 22PP32PHC | Page 1 sur 10 |

Présentation globale du sujet

Plus de cinquante-cinq milliards de litres de jus d'orange sont bus chaque année dans le monde. Environ la moitié de la consommation se situe en Europe : l'Allemagne est le premier consommateur avec 21 L par personne par an. Cela représente 1 744 L de jus d'orange bus chaque seconde.

Source : <https://www.planetoscope.com/agriculture-alimentation/boisson>

Le jus d'orange se produit donc à l'échelle industrielle. Concentré, 100 % pur jus, nectar, ces types de jus nécessitent des procédés différents de production et de conditionnement.

Chaque jus commercialisé se doit de répondre à des normes sanitaires et nutritives.

Les domaines abordés dans les deux parties sont les suivants :

- préparation et conditionnement de jus d'orange ;
- contrôle de teneur en vitamine C.

| | | |
|--------------------------|------------------|---------------|
| BTS PILOTAGE DE PROCÉDÉS | | Session 2022 |
| U 32 - Physique chimie | Code : 22PP32PHC | Page 2 sur 10 |

PARTIE 1 - Préparation et conditionnement de jus d'orange

Barème : 9 points

Le jus d'orange peut subir différents traitements. Nous nous intéressons ici à la faisabilité de deux d'entre eux, de manière indépendante :

- la concentration du jus en sirop qui permet de le transporter à moindre coût ;
- le procédé de pascalisation qui permet de stériliser des jus de fruits frais sans leur faire subir une hausse de température pouvant les dégrader.

Documents et annexe fournis au candidat

Document 1 : données

Document 2 : principe de la pascalisation

ANNEXE 1 à rendre avec la copie : diagramme de phases (P , T) de l'eau.

1. Concentration d'un jus d'orange (catégorie jus à base de concentré)

Afin d'alléger le produit à transporter, on peut retirer l'eau contenue dans le jus d'orange et en faire un « jus concentré ».

Une unité de production disposant d'une puissance de chauffe de 40 kW a comme objectif une cadence de traitement de dix mille litres de jus d'orange par jour.

Le jus entrant est chauffé de 20°C à 90°C maximum, sous pression réduite. Il ressort sous forme de sirop concentré, allégé de 90 % de son eau.

Q-1. Sur l'**ANNEXE 1** à rendre avec la copie, compléter le diagramme de phases (P , T) de l'eau en indiquant les états physiques de la matière.

Q-2. En utilisant ce diagramme, indiquer pourquoi il faut travailler sous pression réduite si on veut retirer l'eau contenue dans le jus de fruit.

On donne pour l'eau liquide la valeur de sa capacité thermique massique c_p :

$$c_p = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Q-3. Indiquer la signification de cette grandeur.

Q-4. En assimilant le jus d'orange à de l'eau pure, déterminer la valeur de la puissance thermique P_{th} moyenne permettant l'augmentation de la température du jus d'orange, dans les conditions du procédé.

Q-5. En déduire si la puissance de chauffe est satisfaisante pour produire le jus concentré à la cadence souhaitée. Commenter.

| | | |
|--------------------------|------------------|---------------|
| BTS PILOTAGE DE PROCÉDÉS | | Session 2022 |
| U 32 - Physique chimie | Code : 22PP32PHC | Page 3 sur 10 |

2. Pascalisation d'un jus d'orange (catégorie jus de fruits frais)

La catégorie « jus de fruits frais » ne permet pas au jus de subir des traitements à très haute température, néanmoins il faut réussir à le stériliser. On utilise une technique haute pression appelée la pascalisation.

Dans ce procédé, le produit à stériliser est introduit avec son emballage déformable dans une enceinte cylindrique étanche que l'on remplit d'eau ; celle-ci est ensuite portée à une pression élevée pendant quelques minutes. La forte pression permet de détruire les organismes vivants. La pression appliquée est identique en tous points de la cuve et donc du produit traité, ainsi ce dernier peut reprendre sa forme initiale après la dépressurisation. Le schéma du dispositif est présenté au **document 2**.

On considère ici un dispositif de pascalisation de volume 100 L fonctionnant avec des cycles de cinq minutes. En pratique pour chaque lot de bouteilles de jus d'orange placé à l'intérieur du dispositif, il est nécessaire d'introduire 60 L d'eau en moins de 45 s. On réalise ensuite la mise sous haute pression de 6 000 bar, pression maintenue pendant 1 min avant la dépressurisation et le retrait du lot de bouteilles.

Q-6. Citer la propriété physique de l'eau liquide qui permet son utilisation pour effectuer une mise sous haute pression.

On s'intéresse au remplissage de l'enceinte avec de l'eau. Pour ne pas avoir de contraintes mécaniques excessives, la valeur de la vitesse v de l'eau dans la canalisation doit être inférieure à $5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q-7. Déterminer la valeur du débit volumique minimum permettant d'introduire 60 L d'eau en moins de 45 s dans le dispositif.

Q-8. Déterminer la valeur de la vitesse v de l'eau dans la canalisation de remplissage, celle-ci ayant un diamètre interne $D = 1,9 \text{ cm}$.

Q-9. En déduire si l'on peut effectuer le remplissage conformément aux conditions souhaitées.

PARTIE 2 - Contrôle de teneur en vitamine C

Barème : 11 points

L'entreprise souhaite effectuer un contrôle qualité au niveau de la vitamine C (acide ascorbique), afin de vérifier la conformité commerciale du jus d'orange. Un titrage acido-basique est proposé.

Documents et annexe fournis au candidat

Document 3 : informations sur la vitamine C

Document 4 : protocole expérimental de titrage de la vitamine C

Document 5 : extrait de l'étiquette d'une bouteille de jus d'orange

Document 6 : données sur différents indicateurs colorés acido-basiques

ANNEXE 2 à rendre avec la copie : courbe du titrage acido-basique de 20,0 mL de jus d'orange, pH en fonction du volume de solution titrante en mL

Protocole expérimental du titrage acido-basique de la vitamine C

Q-10. Proposer une expérience simple pour vérifier que le jus d'orange présente bien un caractère acide.

On suppose que l'acidité du jus d'orange est due uniquement à la vitamine C. Ainsi, on souhaite réaliser un titrage acido-basique pour connaître la concentration effective en vitamine C dans le jus d'orange. Le protocole de ce titrage est fourni au **document 4**.

Le chimiste chargé de l'analyse dispose de trois solutions titrantes : hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$), acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$), permanganate de potassium ($\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$).

Q-11. Indiquer, en le justifiant, la solution titrante qu'il doit employer pour réaliser le titrage acido-basique.

Q-12. Proposer un schéma annoté du montage à réaliser.

Q-13. Écrire l'équation de la réaction support du titrage de la vitamine C de formule $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ par l'espèce titrante de la solution choisie à la question **Q-11**.

Réalisation du protocole expérimental

Après avoir suivi le protocole indiqué, on obtient la courbe de titrage de l'**ANNEXE 2 à rendre avec la copie**.

| | | |
|--------------------------|------------------|---------------|
| BTS PILOTAGE DE PROCÉDÉS | | Session 2022 |
| U 32 - Physique chimie | Code : 22PP32PHC | Page 5 sur 10 |

Q-14. Déterminer les coordonnées (V_E , pH_E) du point d'équivalence du titrage en laissant apparaître les traits de construction de votre méthode sur l'**ANNEXE 2 à rendre avec la copie**.

Q-15. Montrer que la concentration molaire en acide ascorbique du jus d'orange étudié vaut $1,9 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q-16. En déduire la valeur de la masse m de vitamine C contenue dans un échantillon de 100 mL de jus d'orange.

On estime l'incertitude $U(m)$ sur la masse m par la relation suivante :

$$\frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{U(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U(c_T)}{c_T}\right)^2 + \left(\frac{U(V)}{V}\right)^2}$$

avec :

V : volume du prélèvement ; incertitude $U(V) = 0,1 \text{ mL}$;

c_T : concentration de la solution titrante ; incertitude $U(c_T) = 4 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

V_E : volume à l'équivalence ; incertitude $U(V_E) = 0,1 \text{ mL}$.

Q-17. Déterminer la valeur de l'incertitude $U(m)$ puis donner un encadrement de la masse m .

Q-18. Commenter la conformité du jus d'orange par rapport à l'étiquette proposée au **document 5**.

Q-19. Le **document 3** indique que la vitamine C est un diacide. Or, on n'observe pas de deuxième saut de pH sur la courbe. Proposer une explication en utilisant les valeurs de pK_a fournies.

Méthode alternative

Q-20. L'analyste souhaite réaliser le titrage sans utiliser le pH-mètre. Proposer une méthode alternative, en justifiant les choix effectués. On s'appuiera utilement sur les **documents** fournis et sur l'**ANNEXE 2 à rendre avec la copie**, que l'on pourra annoter.

| | | |
|--------------------------|------------------|---------------|
| BTS PILOTAGE DE PROCÉDÉS | | Session 2022 |
| U 32 - Physique chimie | Code : 22PP32PHC | Page 6 sur 10 |

Document 1. Données

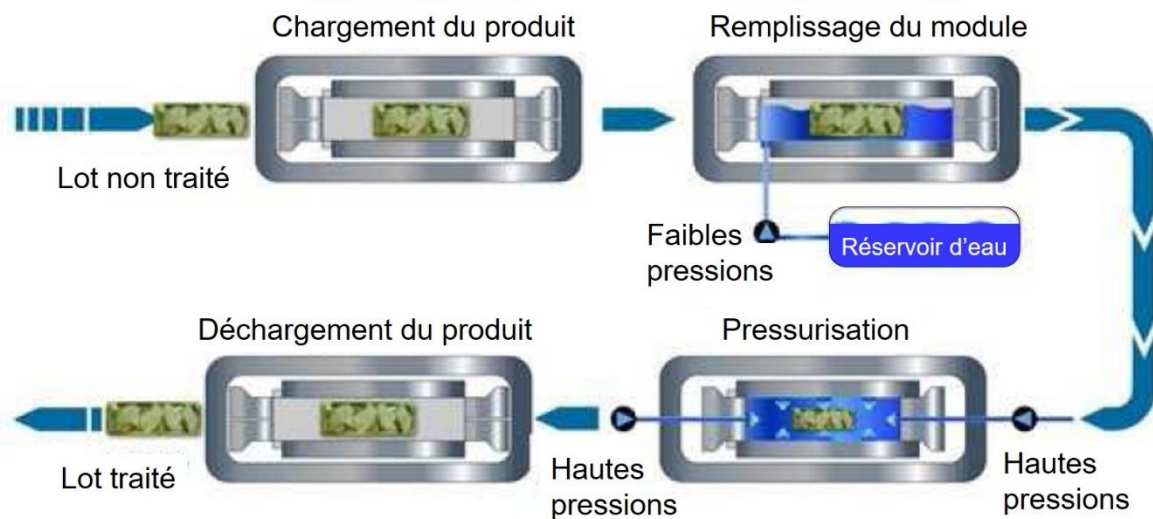
Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Aire d'un disque de diamètre D : $S = \pi \times \frac{D^2}{4}$

Masse volumique de l'eau à 20 °C : $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Unités de pression : $1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$

Document 2. Principe de la pascalisation



d'après <http://agroalimentaire-simplement.e-monsite.com/pages/genie-alimentaire/pascalisation.html>
<https://pdf.directindustry.fr/pdf-en/avure-technologies/av-10/16238-676346.html#open>

Document 3. Informations sur la vitamine C

Cette espèce chimique se nomme également acide ascorbique.

Sa formule brute est $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$. Sa masse molaire est $M = 176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Il s'agit d'un diacide dont les pK_a à 25°C sont : $pK_{a1} = 4,1$; $pK_{a2} = 11,9$.

| | | |
|--------------------------|------------------|---------------|
| BTS PILOTAGE DE PROCÉDÉS | | Session 2022 |
| U 32 - Physique chimie | Code : 22PP32PHC | Page 7 sur 10 |

Document 4. Protocole de titrage de la vitamine C dans le jus d'orange

- Préparer la burette contenant la solution titrante choisie à la concentration $C_T = 0,0065 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
- Prélever un volume $V = 20,0 \text{ mL}$ de jus d'orange, et le verser dans le récipient le plus adapté à un suivi pH-métrique.
- Adapter la sonde pH-métrique dans le bécher.
- Relever la valeur du pH pour différentes valeurs du volume de solution titrante ajouté.
- Tracer la courbe du pH en fonction du volume de solution titrante ajouté.

Document 5. Extrait de l'étiquette d'une bouteille de jus d'orange

| APPORTS NUTRITIONNELS | POUR 100ml | POUR 200ml |
|-----------------------|--|--|
| Valeur énergétique | 201 kJ (48 kcal) | 402 kJ (96 kcal) |
| Protéines | 0,8g | 1,6g |
| Glucides | 10,0g | 19,9g |
| dont sucres* | 10,0g | 19,9g |
| Lipides | 0g | 0g |
| dont saturés | 0g | 0g |
| Fibres | 0,4g | 0,8g |
| Sodium | 0g | 0g |
| Vitamine C | 33mg= 41% AJR⁽¹⁾ | 66mg= 83% AJR⁽¹⁾ |

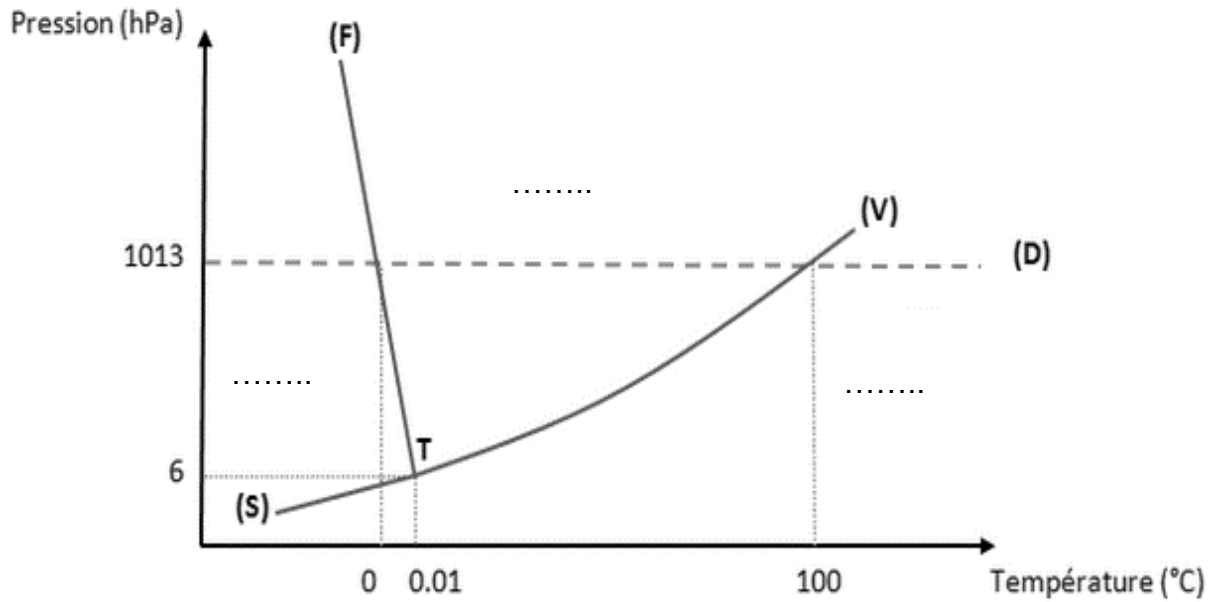
⁽¹⁾ Apports Journaliers Recommandés

Document 6. Données sur différents indicateurs colorés acido-basiques

| Nom de l'indicateur | Zone de virage | Changement de couleur |
|---------------------|----------------|-----------------------|
| Jaune d'alizarine R | 1,9 - 3,3 | rouge - jaune |
| Bleu de bromophénol | 3,0 - 4,6 | jaune - bleu |
| Hélianthine | 3,1 - 4,4 | rouge - jaune |
| Rouge de méthyle | 4,2 - 6,2 | rouge - jaune |
| Bleu de bromothymol | 6,0 - 7,6 | jaune - bleu |
| Rouge de crésol | 7,2 - 8,8 | jaune - rouge |
| Phénolphtaléine | 8,2 - 10,0 | incolore - rose |
| Jaune d'alizarine R | 10,1 - 12,1 | jaune - violet |
| Vert de malachite | 11,5 - 13,2 | vert - incolore |

ANNEXE 1 à rendre avec la copie

Diagramme de phases (P , T) de l'eau à compléter



ANNEXE 2 à rendre avec la copie

Courbe du titrage acido-basique de 20,0 mL de jus d'orange, pH en fonction du volume de solution titrante en mL

