

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet nécessite deux feuilles de papier millimétré

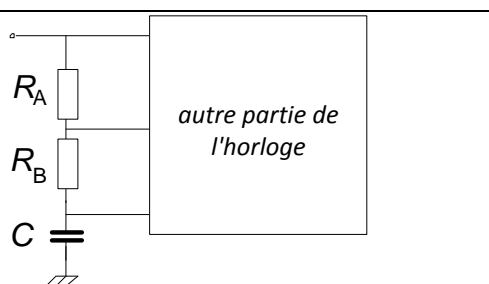
Ce sujet comporte deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 8 et 9) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. APPAREILS NOMADES (4,5 points)

Tous les appareils nomades ont besoin d'une horloge (alimentée par une pile). Dans ce paragraphe on va étudier l'évolution temporelle d'un circuit (R,C) qui fait partie de l'horloge.



Dans un premier temps le condensateur, initialement déchargé, de capacité C est chargé à travers les conducteurs ohmiques de résistances R_A et R_B . On note E la tension aux bornes du générateur. Lors de cette étape, on considère que les conducteurs ohmiques et le condensateur de capacité $C = 22 \mu\text{F}$ sont branchés en série. Le circuit équivaut alors à celui qui est schématisé figure 3 avec $R = R_A + R_B = 66 \text{ k}\Omega$.

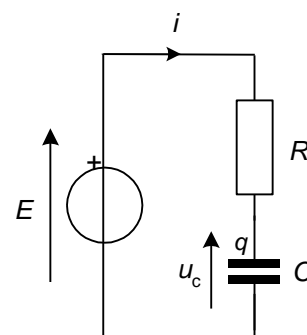


Figure 1

1. Donner la relation qui lie l'intensité instantanée $i(t)$ du courant électrique qui circule dans le dipôle (R,C) à la charge instantanée $q(t)$ de l'armature du condensateur notée sur la figure 1, puis à la tension $u_C(t)$.
2. Déterminer, en justifiant la réponse, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de sa charge.
3. Dès que la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur atteint une valeur de référence $U_{\max} = \frac{2}{3}E$, le reste de l'horloge change d'état électrique et fait décharger le condensateur à travers le seul conducteur ohmique de résistance $R_B = 33 \text{ k}\Omega$. Le circuit équivaut alors à celui qui est représenté figure 2.

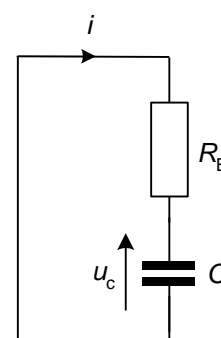


Figure 2

Déterminer, en justifiant la réponse, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de sa décharge dans le conducteur ohmique de résistance R_B .

4. Dès que la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur atteint une autre valeur de référence $U_{\min} = \frac{1}{3}E$, le reste de l'horloge change d'état et impose un nouveau cycle de charge du condensateur puis de décharge, etc. La durée de charge du condensateur, entre U_{\min} et U_{\max} , est notée T_1 et celle de la décharge, jusqu'à U_{\min} , notée T_2 . Sachant que les durées de charge et de décharge sont proportionnelles aux constantes de temps du circuit, expliquer, sans calcul, pourquoi la valeur de T_1 est supérieure à celle de T_2 .
5. Compléter, sur **LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE**, l'allure générale de l'évolution au cours du temps de la tension $u_C(t)$ lors des différentes phases de charge et de décharge.

EXERCICE II. FERMENTATION DANS LE VIN (7,5 points)

« Le vin est une boisson provenant exclusivement de la fermentation du raisin frais ou du jus de raisin frais ». Telle est la définition légale du vin mais derrière le terme « fermentation » se cachent des transformations que les chimistes ont mis des années à découvrir.

Dans les années 1960, on commença à s'intéresser à une autre fermentation qui se produit généralement après la fermentation alcoolique et à laquelle on n'attachait pas trop d'importance jusqu'alors car on pensait qu'il s'agissait d'un achèvement de la fermentation alcoolique.

Il s'agit de la fermentation malolactique qui consiste en une transformation totale de l'acide malique présent dans le jus de raisin en acide lactique sous l'action de bactéries.

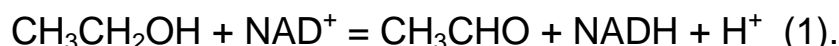
Cette fermentation, longtemps ignorée, a une influence reconnue sur la qualité gustative de certains vins à condition de la conduire convenablement. .

Les techniques actuelles de suivi de ces fermentations se font par dosage enzymatique ; elles consistent essentiellement à doser l'alcool contenu dans le vin.

Principe du dosage :

Étape 1 : On effectue une distillation du vin de telle façon que l'on recueille une solution incolore contenant tout l'éthanol présent dans le vin.

Étape 2: L'éthanol est oxydé par la nicotinamide-adénine-dinucléotide (NAD^+) dans une réaction catalysée par une enzyme spécifique. La réaction produit de la nicotinamide-adénine-dinucléotide réduite (NADH) en quantité de matière égale à celle de l'éthanol dosé selon l'équation :



Étape 3 : On mesure l'absorbance de la NADH par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 340 nm lors du dosage.

A – Première partie : Détermination du degré alcoolique d'un vin

« On appelle degré alcoolique d'une boisson alcoolisée, le volume (exprimé en mL) d'éthanol contenu dans 100 mL de cette boisson, les volumes étant mesurés à 20°C. »
On l'exprime en % vol.

1 - Questions préliminaires

1.1. Montrer que la réaction (1) est bien une réaction d'oxydo-réduction en faisant apparaître le transfert d'électrons entre les deux couples donnés.

Couples d'oxydo-réduction: $\text{CH}_3\text{CHO} / \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{NAD}^+ / \text{NADH}$

1.2. Quel est le rôle du catalyseur ?

2 - Étalonage du spectrophotomètre

On réalise une gamme de quatre solutions étalons; chaque solution étalon contient :

- NAD⁺ en excès,
- Le catalyseur,
- Une solution de concentration massique connue en éthanol.

On mesure l'absorbance de chaque solution étalon et on obtient les résultats suivants :

Solution étalon	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Concentration massique C _m en éthanol en mg.L ⁻¹	50	100	200	300
Absorbance : A	0,080	0,16	0,32	0,48

- 2.1. Lors du réglage initial, quelle valeur doit-on donner à l'absorbance de la solution de référence avant toute mesure ?
- 2.2. Tracer la courbe A en fonction de la concentration massique.
- 2.3. Montrer que la représentation graphique est en accord avec la loi de Beer-Lambert $A = kC_m$. Déterminer la valeur de k en L.mg⁻¹.

3 - Préparation et dosage de l'éthanol contenu dans le vin

On distille 20 mL de vin ; le distillat est ensuite ajusté à 200 mL avec de l'eau distillée pour obtenir une solution appelée D.

On prépare l'échantillon à doser par spectrophotométrie en introduisant :

- 1,0 mL de solution D,
- Le catalyseur,
- NAD⁺ en excès,

dans une fiole jaugée de 50 mL que l'on complète avec de l'eau distillée.

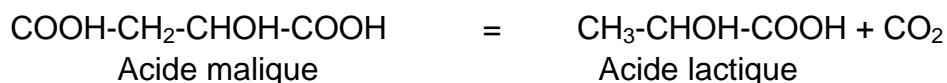
L'absorbance mesurée pour cet échantillon vaut: $A_e = 0,30$.

- 3.1. Montrer que l'échantillon préparé correspond à une dilution au 1/50^e de la solution D.
- 3.2. Par une méthode de votre choix à préciser, déterminer à partir de l'absorbance mesurée A_e la concentration massique en éthanol de l'échantillon étudié.
- 3.3. En déduire la concentration massique en éthanol :
 - 3.3.1. de la solution D.
 - 3.3.2. du vin.
- 3.4. Déterminer alors le degré alcoolique du vin.

Donnée - Masse volumique de l'éthanol supposée constante dans le domaine de concentration considéré: 0,80 kg.L⁻¹

B – Deuxième partie : cinétique de la fermentation malolactique

L'équation de la fermentation malolactique est :



Le dosage enzymatique de l'acide malique restant dans le vin a donné les résultats suivants pour une température de fermentation maintenue à 20°C

Concentration massique $C_m(t)$ en acide malique (g.L^{-1})	3,5	2,3	1,6	0,80	0,50	0,27	0,00
Date t (en jours)	0	4	8	12	16	20	28

4.1. Montrer que la concentration molaire en acide malique restant dans le vin à l'instant t

s'exprime par: $[\text{acide malique}] (t) = \frac{C_m(t)}{134}$.

En déduire la quantité de matière d'acide malique $n_{\text{acide malique}} (t = 0)$ initiale dans un litre de vin.

4.2. A l'aide d'un tableau descriptif de l'évolution de la réaction, montrer que l'avancement à l'instant t de cette réaction pour un litre de vin se met sous la forme :

$$x(t) = 2,6 \times 10^{-2} - n_{\text{acide malique}} (t)$$

4.3. La courbe représentant les variations de x en fonction du temps t est donnée en annexe.

4.3.1. Comment peut-on, à partir du graphe, évaluer la vitesse volumique de réaction à l'instant t ? (aucun calcul n'est demandé).

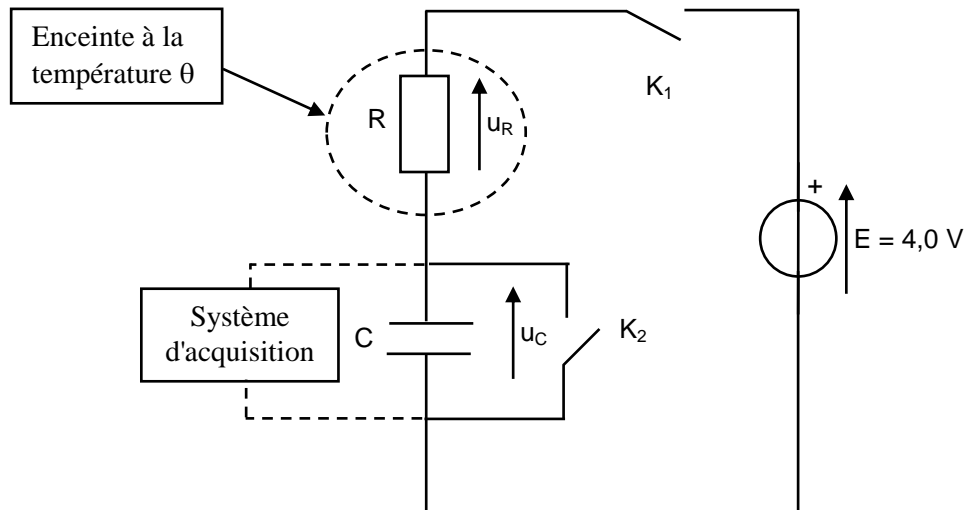
4.3.2. Commenter l'évolution de la vitesse volumique de la réaction au cours du temps.

4.4. Définir et déterminer le temps de demi-réaction.

Données $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$

EXERCICE III. SONDE THERMIQUE (4 points)

On peut constituer une sonde thermique à l'aide d'un dipôle (R, C) série. On réalise le circuit suivant :



Le condensateur a une capacité $C = 1,0\ \mu\text{F}$

Le conducteur ohmique est une thermistance : la valeur R de sa résistance dépend de la température. On le place dans une enceinte dont la température interne est notée θ .

Un système d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution au cours du temps de la tension u_C aux bornes du condensateur.

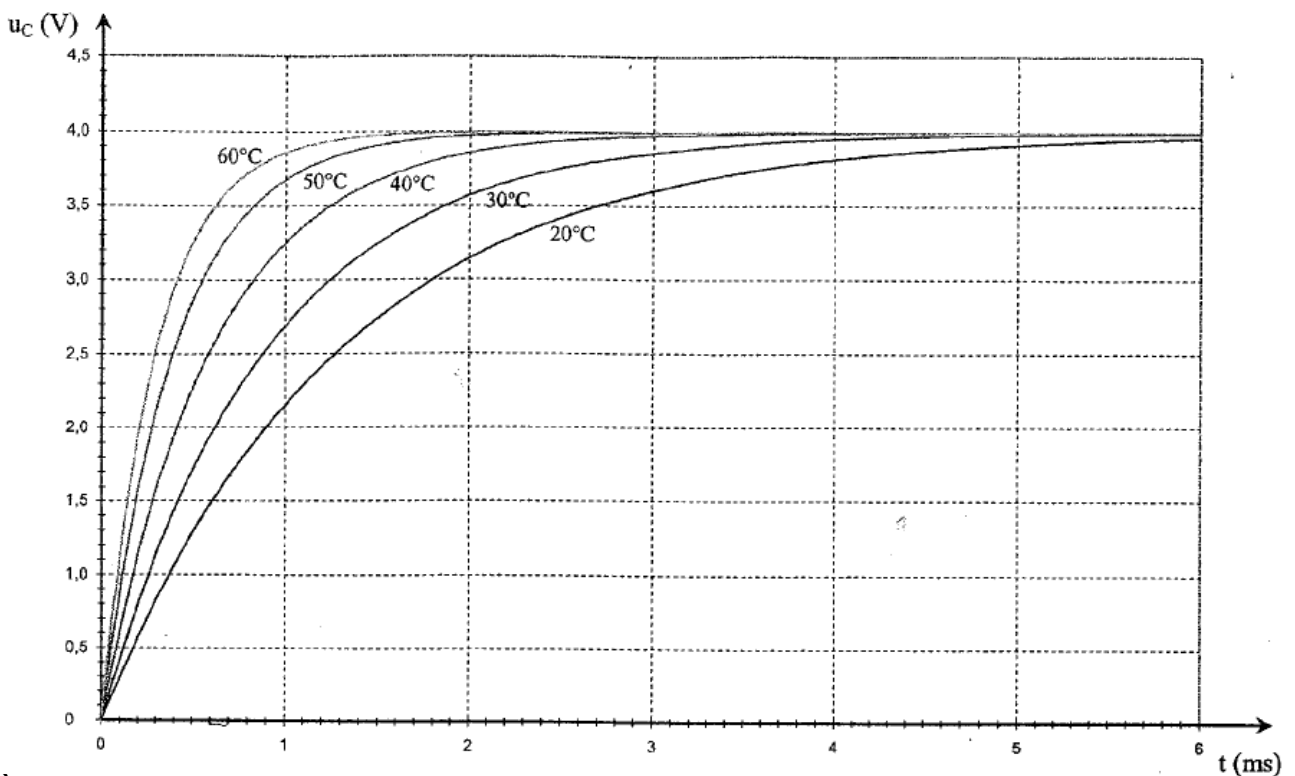
1. Étalonnage de la sonde

Protocole expérimental :

On souhaite tracer la courbe de l'évolution de la valeur de la résistance de la thermistance en fonction de la température. On réalise le protocole suivant :

Le condensateur est initialement déchargé et les interrupteurs K_1 et K_2 sont ouverts. À $t = 0$, on ferme K_1 et on enregistre l'évolution de la tension u_C jusqu'à la fin de la charge du condensateur. Ensuite, on ouvre K_1 et on ferme K_2 : le condensateur se décharge complètement. On ouvre enfin K_2 .

On modifie la température de l'enceinte et on recommence le protocole précédent. On opère pour plusieurs valeurs de température et on obtient le graphique suivant :



À l'aide des résultats expérimentaux, étudions la charge du condensateur.

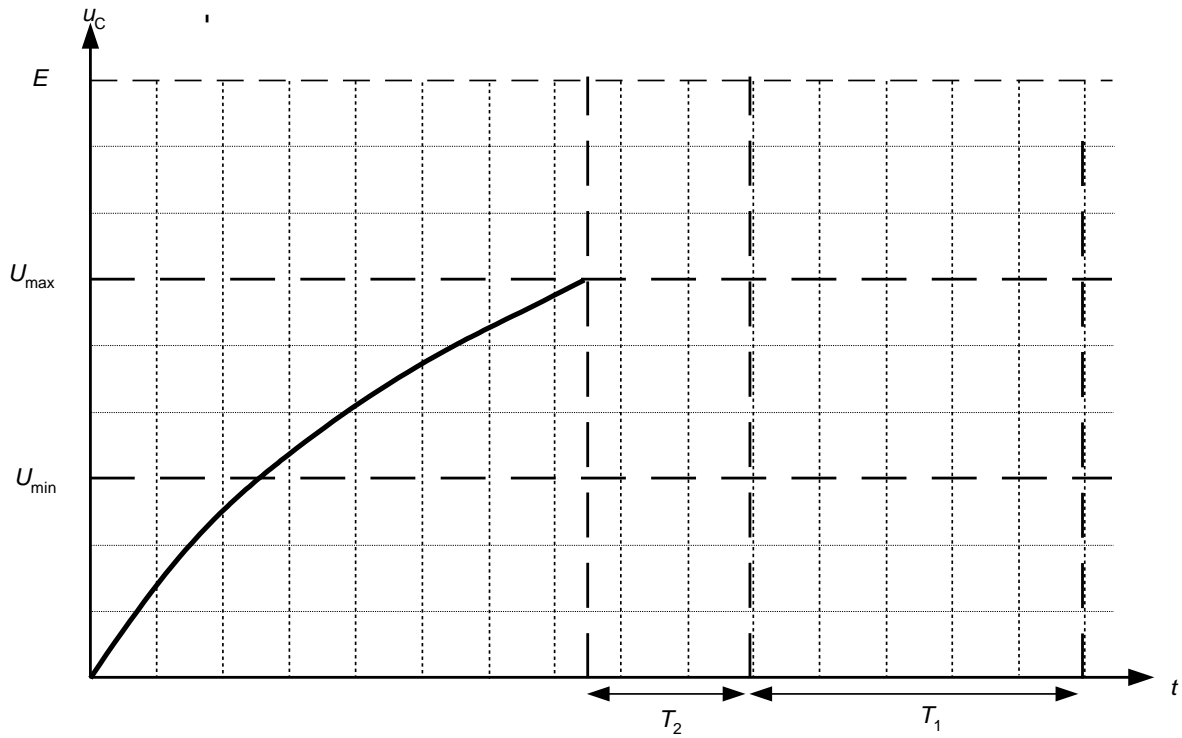
- 1.1. Établir la relation entre la tension E aux bornes du générateur, la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique et la tension u_C aux bornes du condensateur.
- 1.2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C pendant la phase de charge.
- 1.3. La solution analytique de cette équation est de la forme : $u_C = A + B e^{-t/(RC)}$
 - 1.3.1. En tenant compte des conditions finales de la charge, déterminer A .
 - 1.3.2. En tenant compte des conditions initiales de la charge, déterminer B .
 - 1.3.3. Dédire l'expression de u_C .
- 1.4. On donne l'expression de la constante de temps du dipôle (R, C) : $\tau = RC$ avec $u_C(\tau) = 0,63 u_{Cmax}$
 - 1.4.1. Déterminer la valeur u_{Cmax} à partir du graphique, ainsi que celle de $u_C(\tau)$.
 - 1.4.2. Déterminer la valeur τ_1 de la constante de temps, relative à la température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, à partir du graphique. Expliquer la méthode employée.
 - 1.4.3. En déduire la valeur R_1 de la résistance correspondante.
 - 1.4.4. Procéder de la même manière pour les autres températures et compléter le tableau de l'**annexe** à rendre avec la copie.
 - 1.4.5. Tracer sur papier millimétré (à rendre avec la copie) la courbe d'étalonnage $R = f(\theta)$ en respectant l'échelle suivante :
absisse : 1 cm pour 5°
ordonnée : 1 cm pour $0,1 \text{ k}\Omega$

2. Mesure d'une température

Essayons la sonde thermique en la plaçant dans une enceinte de température interne θ à déterminer. On mesure la résistance de la thermistance à l'aide d'un ohmmètre et on obtient : $R = 0,50 \text{ k}\Omega$. En vous servant de la courbe d'étalonnage, déterminer la température de l'enceinte.

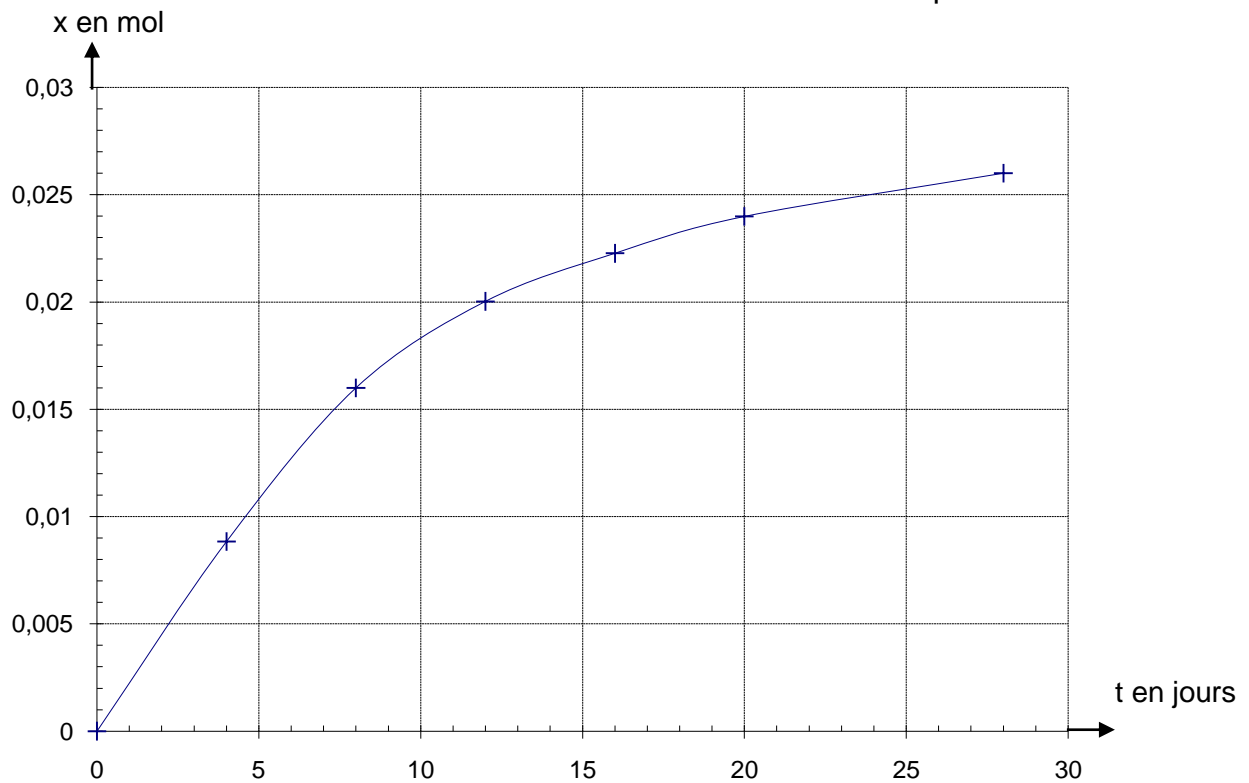
ANNEXE DE L'EXERCICE I

Figure 3



ANNEXE DE L'EXERCICE II

Évolution de l'avancement en fonction du temps



ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

(Seules les cases blanches sont à compléter)

Température θ (°C)	$\theta_1 = 20$	25	30	35	40	45	50	55	60
Constante de temps τ (ms)	$\tau_1 =$								
Résistance R (k Ω)	$R_1 =$	1,07		0,74		0,49		0,34	