

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Jeudi 21 juin 2018

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

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

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 7 pages numérotées de 1 à 7 y compris celle-ci.

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

EXERCICE I - VITAMINE C (4 points)

L'acide ascorbique, communément appelé vitamine C, est un antioxydant présent dans de nombreux fruits et légumes. Une carence prolongée en vitamine C provoque une maladie appelée scorbut. En pharmacie, il est possible de trouver l'acide ascorbique, sous forme de comprimés de vitamine C 500, chacun contenant 500 mg de vitamine C.



L'objectif de l'exercice est d'étudier une voie de synthèse industrielle de l'acide ascorbique puis de vérifier la valeur de la masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé.

Données :

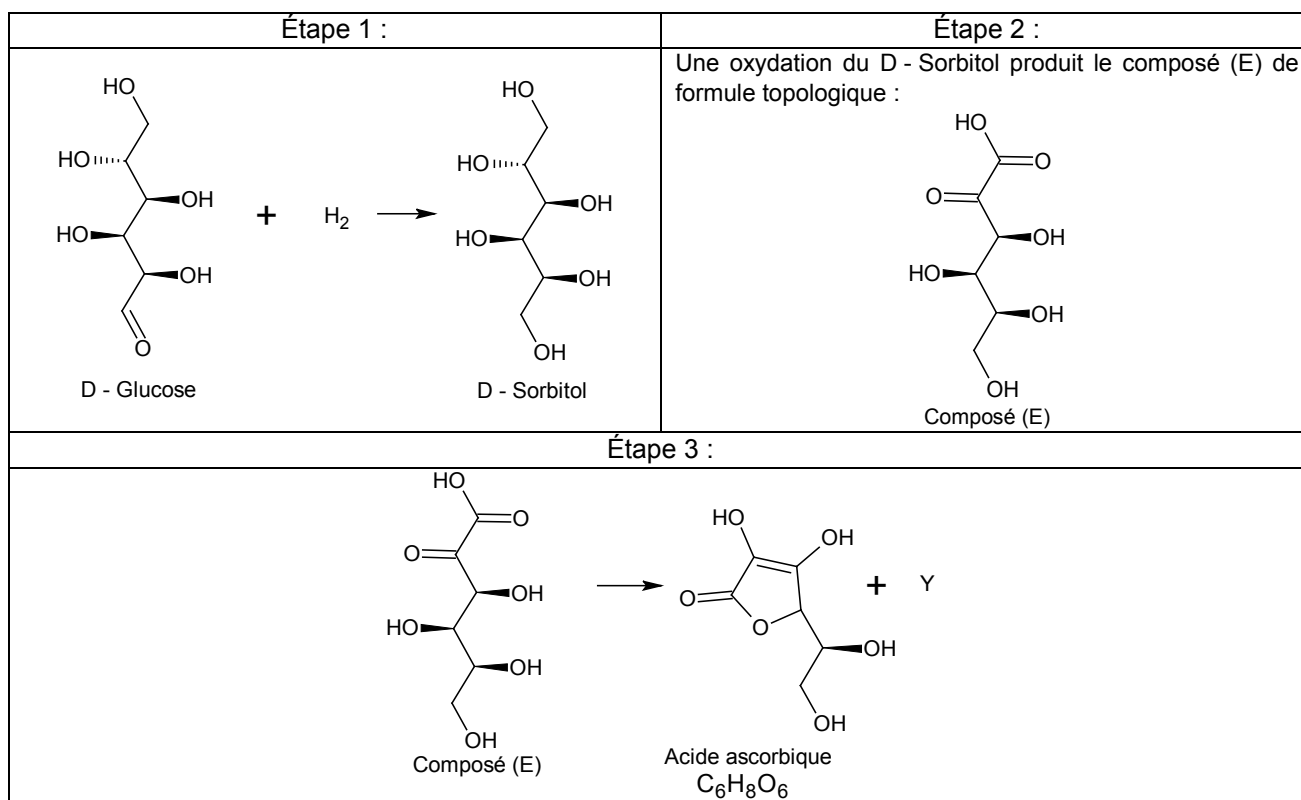
- données de spectroscopie infrarouge :

Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Caractéristiques de la bande d'absorption
O – H alcool	3200 - 3700	forte, large
O – H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
C – H	2800 - 3100	forte ou moyenne
C = O	1650 - 1740	forte

- masse molaire moléculaire de la vitamine C : $M(\text{acide ascorbique}) = 176 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Synthèse industrielle de l'acide ascorbique

L'acide ascorbique est synthétisé industriellement à partir du D - Glucose. La synthèse selon le procédé Reichstein se déroule en plusieurs étapes ; un schéma réactionnel simplifié est décrit ci-dessous.



1.1. Étape 1 de la synthèse.

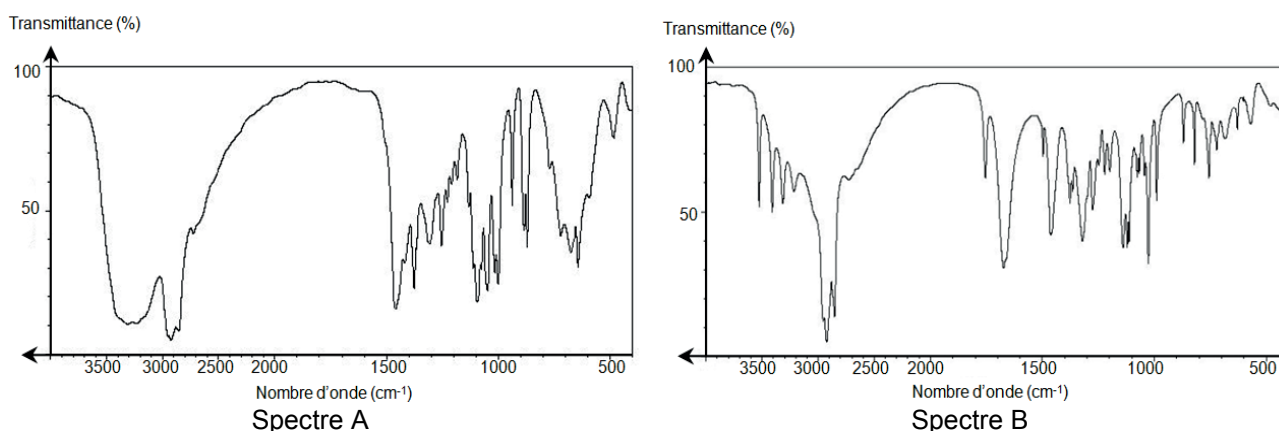
- 1.1.1. Le passage du D - Glucose au D - Sorbitol correspond-il à une modification de chaîne ou de groupe caractéristique ?
- 1.1.2. Donner le nom de la catégorie de réaction. Justifier.

1.2. Étape 3 de la synthèse.

1.2.1. Écrire la formule brute du composé (E).

1.2.2. Identifier l'espèce chimique Y et la nommer.

1.3. Le déroulement de la synthèse peut être contrôlé par spectroscopie infrarouge. Attribuer les spectres A et B fournis ci-dessous au D - Sorbitol et à l'acide ascorbique. Justifier.



2. Titrage de l'acide ascorbique contenu dans un comprimé de vitamine C 500.

On souhaite vérifier l'indication « vitamine C 500 » figurant sur le tube de comprimés.

Pour cela, on dissout un comprimé de vitamine C dans de l'eau distillée afin d'obtenir 100,0 mL de solution S. On prélève un volume de 10,0 mL de cette solution S que l'on dose par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (Na⁺(aq) + HO⁻(aq)) de concentration molaire égale à 2,00 × 10⁻² mol.L⁻¹. Le titrage est suivi par pH-métrie (figure 1).

L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :

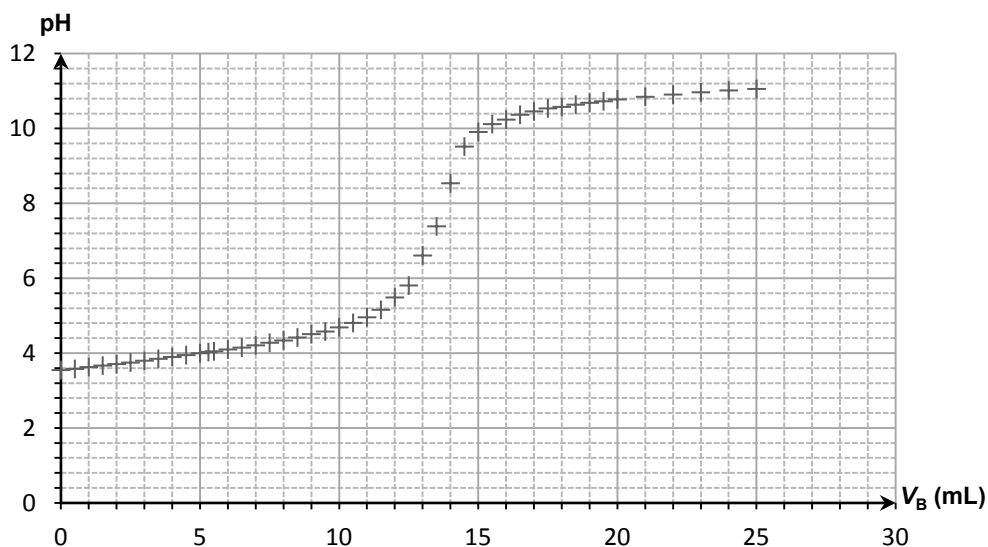
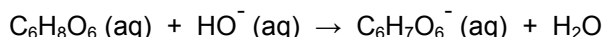


Figure 1. Titrage de l'acide ascorbique : évolution du pH en fonction du volume V_B de solution d'hydroxyde de sodium ajouté

2.1. Réaliser un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour réaliser le titrage.

2.2. Justifier que la réaction support du titrage est une réaction acido-basique.

2.3. Déterminer la concentration molaire en acide ascorbique dans la solution S.

2.4. En déduire la masse *m* de vitamine C contenue dans un comprimé. Comparer la valeur obtenue à l'indication donnée par le fabricant. Proposer deux sources d'erreurs possibles, liées à la mise en œuvre du titrage, pouvant expliquer l'écart observé.

EXERCICE II - SERVICE ET RÉCEPTION AU VOLLEY-BALL (11 points)

Au volley-ball, le service smashé est le type de service pratiqué le plus fréquemment par les professionnels : le serveur doit se placer un peu après la limite du terrain, lancer très haut son ballon, effectuer une petite course d'élan puis sauter pour frapper la balle.

D'après : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Volley-ball>

Après la course d'élan, le serveur saute de façon à frapper le ballon en un point B_0 situé à la hauteur h au-dessus de la ligne de fond de terrain. La hauteur h désigne alors l'altitude initiale du centre du ballon. Le vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 du ballon est horizontal et perpendiculaire à la ligne de fond du terrain (voir figure 1.).

Le mouvement du ballon est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen muni du repère (Ox, Oy) et l'instant de la frappe est choisi comme origine des temps : $t = 0$ s. Le mouvement a lieu dans le plan (Oxy) .



Source : FIVB 2012

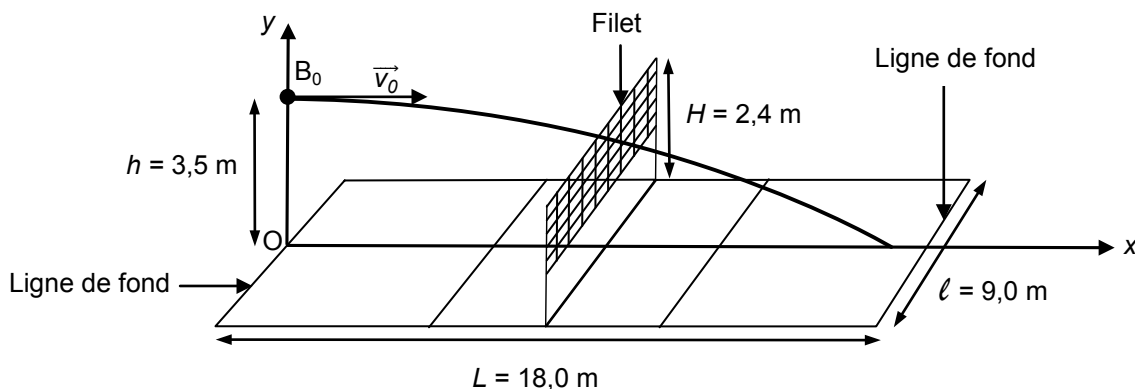
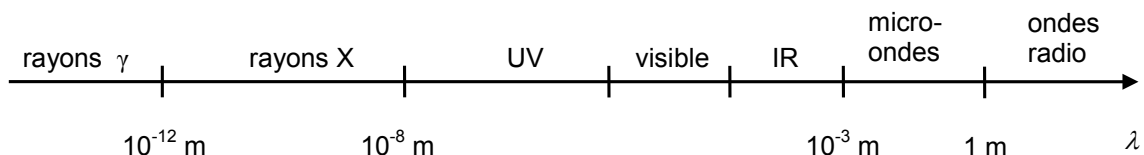


Figure 1. Dimensions du terrain de volley-ball et allure de la trajectoire du ballon.

Le but de cet exercice est de déterminer la valeur de la vitesse initiale du ballon, de vérifier la validité du service et d'étudier la réception du service par un joueur de l'équipe adverse. Pour cela, on étudie le mouvement du centre du ballon sans tenir compte de l'action de l'air, de la rotation du ballon sur lui-même et de ses déformations.

Données :

- le ballon de volley-ball a une masse $m = 260$ g et un rayon $r = 10$ cm ;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81$ m.s⁻² ;
- la valeur de la célérité c de la lumière dans le vide ou dans l'air est supposée connue du candidat ;
- domaines des ondes électromagnétiques en fonction de la longueur d'onde λ :



1. Mesure de la vitesse initiale du ballon

Afin d'évaluer les performances du serveur, on mesure la valeur de la vitesse initiale v_0 du ballon grâce à un radar portatif (voir figure 2.), que l'on pointe en direction de la position de frappe B_0 .

Le manuel du radar portatif indique que celui-ci envoie des ondes électromagnétiques haute fréquence ($3,47 \times 10^{10}$ Hz) et mesure la différence de fréquence entre l'onde émise et l'onde réfléchi sur un objet en mouvement.



Figure 2. Radar portatif utilisé lors de la mesure de la vitesse (indiquée en km.h^{-1}).

- 1.1. Identifier le domaine des ondes électromagnétiques émises par ce radar portatif. Justifier par un calcul.
- 1.2. Nommer le phénomène à l'origine de la différence de fréquence entre les ondes émises et reçues par le radar portatif.
- 1.3. Le radar portatif est positionné face au serveur et vise le ballon. La fréquence de l'onde reçue est-elle inférieure ou supérieure à celle de l'onde émise ? Justifier.
- 1.4. Dans les mêmes conditions de mesure que pour la question 1.3, le décalage Δf entre la fréquence $f_{\text{émise}}$ de l'onde émise et la fréquence $f_{\text{reçue}}$ de l'onde reçue vérifie la relation :

$$|\Delta f| = |f_{\text{reçue}} - f_{\text{émise}}| = \frac{2v_0 \cdot f_{\text{émise}}}{c}$$

Le décalage $|\Delta f|$ mesuré par le radar portatif est de 4,86 kHz.

En déduire la valeur de la vitesse du ballon. Vérifier l'accord avec l'indication de l'écran du radar portatif de la figure 2.

2. Validité du service

Le service est effectué depuis le point B_0 à la vitesse $v_0 = 21,0 \text{ m.s}^{-1}$. Le service sera considéré comme valide à condition que le ballon franchisse le filet sans le toucher et qu'il retombe dans le terrain adverse.

- 2.1. Montrer que, si on néglige l'action de l'air, les coordonnées du vecteur accélération du centre du ballon après la frappe sont :

$$a_x(t) = 0 \quad \text{et} \quad a_y(t) = -g$$

- 2.2. Établir que les équations horaires du mouvement du centre du ballon s'écrivent :

$$x(t) = v_0 t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{gt^2}{2} + h$$

En déduire que l'équation de la trajectoire reliant x et y s'écrit :

$$y(x) = -\frac{g}{2v_0^2} x^2 + h$$

- 2.3. En admettant que le ballon franchisse le filet, vérifier qu'il touche le sol avant la ligne de fond.

2.4. Afin de déterminer la vitesse du ballon au moment où il touche le sol, on effectue une étude énergétique. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est choisie de la manière suivante : $E_{pp} = 0 \text{ J}$ pour $y = 0 \text{ m}$.

2.4.1. Rappeler les expressions littérales des énergies cinétique E_c , potentielle de pesanteur E_{pp} et mécanique E_m du ballon en un point quelconque de la trajectoire.

2.4.2. Le graphe de la figure 3 représente l'évolution en fonction du temps des trois énergies précédentes. Associer chaque courbe 1, 2, 3 à l'une des trois énergies E_m , E_{pp} , E_c . Justifier.

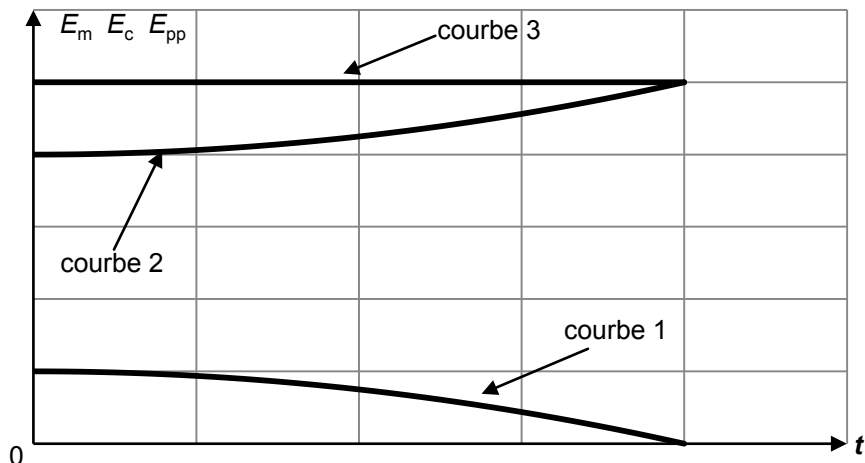


Figure 3. Allure de l'évolution des énergies du ballon au cours du temps.

2.4.3. À l'aide de l'étude énergétique précédente, déterminer la valeur de la vitesse du centre du ballon v_{sol} lorsque le ballon touche le sol.

2.5. En réalité, la vitesse v_{sol} avec laquelle le ballon atteint le sol est plus faible que celle déterminée à la question 2.4.3. Proposer une explication.

3. Réception du ballon par un joueur de l'équipe adverse

Au moment où le serveur frappe le ballon ($t = 0 \text{ s}$), un joueur de l'équipe adverse est placé au niveau de la ligne de fond de son terrain. Il débute sa course vers l'avant pour réceptionner le ballon en réalisant une « manchette » comme le montre la figure 4.

Le contact entre le ballon et le joueur se fait au point R situé à une hauteur de 80 cm au-dessus du sol.

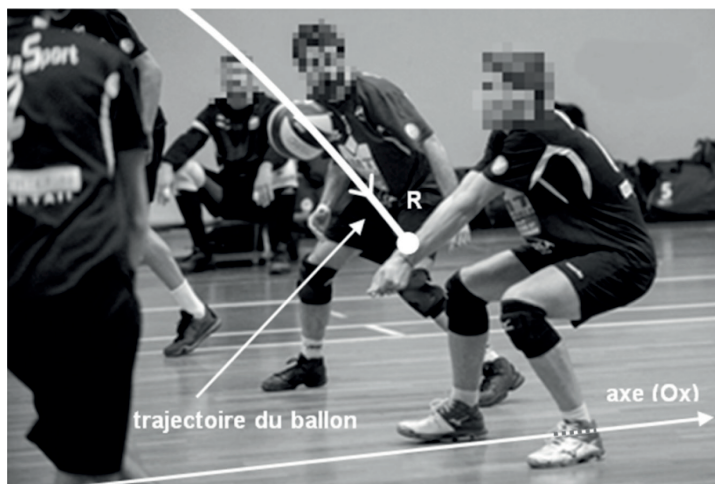


Figure 4. Réception du ballon.

D'après : <http://lesportdauphinois.com>

On admet que les équations horaires du mouvement du ballon établies à la question 2.2. restent valables. Évaluer la vitesse moyenne minimale du déplacement de ce joueur pour qu'il réalise la réception dans la position photographiée ci-dessus. Ce résultat semble-t-il réaliste ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

EXERCICE III - HYDRATATION LORS D'UN MARATHON (5 points)

Une marathonnienne, âgée de 35 ans, court le marathon en 4 heures. En moyenne, la perte en eau d'une marathonnienne est comprise entre 1,5 et 2,5 litres par heure de course. Consciente des risques de déshydratation, la marathonnienne décide d'assurer ses besoins en eau à l'aide d'une boisson isotonique qui contient notamment des « sucres libres » et un colorant alimentaire, le bleu brillant.

Dans cet exercice, on s'interroge sur les risques liés aux quantités de bleu brillant et de « sucres libres » ingérées lors d'un marathon, si la marathonnienne ne consomme que cette boisson.

Concernant le sucre, l'organisation mondiale de la santé (OMS) recommande que l'apport énergétique dû aux « sucres libres » ne dépasse pas 10 % des besoins énergétiques journaliers.

Le bleu brillant est un composé chimique de couleur bleu-foncé utilisé comme colorant alimentaire (E133). La dose journalière admissible (DJA) pour ce colorant, quantité maximale qu'une personne peut consommer par jour sans risque pour sa santé, est de 12,5 milligrammes par kilogramme de masse corporelle.

La quantité de bleu brillant présente dans la boisson isotonique n'est pas indiquée. Pour la déterminer, on réalise l'expérience suivante :

- à partir d'une solution mère S_0 de bleu brillant de concentration molaire C_0 égale à $0,100 \text{ mmol.L}^{-1}$, on prépare par dilution six solutions aqueuses S_i (i variant de 1 à 6) de volume $V = 100,0 \text{ mL}$ en prélevant un volume V_i de solution mère ;
- après réglage du spectrophotomètre à la longueur d'onde de 630 nm , on mesure l'absorbance de chacune des solutions S_i ainsi que celle de la boisson.

Solution S_i	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Volume V_i de solution S_0 prélevé (en mL)	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0	10,0
Absorbance	0,134	0,259	0,434	0,745	1,150	1,402

L'absorbance de la boisson isotonique est égale à 0,789.

Données :

- masse molaire moléculaire du colorant E133 : 793 g.mol^{-1} ;
- énergie apportée par les « sucres libres » contenus dans 100 mL de boisson isotonique : $68,5 \text{ kJ}$;
- besoins énergétiques pour une femme d'âge compris entre 20 et 40 ans, le jour d'un marathon : $19 \times 10^3 \text{ kJ}$.

Questions préliminaires :

1. Déterminer le volume maximal de boisson isotonique que la marathonnienne peut ingérer le jour du marathon pour suivre les recommandations de l'OMS concernant les « sucres libres ».
2. Calculer la valeur de la concentration molaire en bleu brillant de la solution S_5 obtenue par dilution.

Problème :

Lors d'un marathon, afin de compenser la totalité de sa perte en eau, la marathonnienne consomme uniquement la boisson isotonique étudiée précédemment. Déterminer si la marathonnienne respecte les recommandations concernant les « sucres libres » et le bleu brillant lors de ce marathon.

Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment à propos d'une donnée manquante, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.