

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

## ÉVALUATION

**CLASSE** : Première

**VOIE** :  Générale  Technologique  Toutes voies (LV)

**ENSEIGNEMENT** : physique-chimie

**DURÉE DE L'ÉPREUVE** : 2 h

**CALCULATRICE AUTORISÉE** :  Oui  Non

Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

**Nombre total de pages** : 9

## PARTIE A

### La fosse de plongée Nemo 33 (10 points)

Le Nemo 33 est un centre de plongée à Uccle, en Belgique. Il possédait la fosse de plongée la plus profonde du monde jusqu'en février 2014 atteignant une profondeur de près de 35 mètres.

Une fosse de plongée sert à pratiquer la plongée sous-marine ou la plongée en apnée (sans bouteille). La profondeur est le principal critère qui distingue une fosse d'une simple piscine. La qualité de l'eau est un autre élément fondamental, autant pour les maîtres-nageurs que pour les usagers.

Dans cet exercice, nous étudierons des propriétés chimiques d'une eau de fosse de plongée puis l'effet de la pression sur les poumons lors d'une plongée dans une fosse.



Apnéistes dans une fosse de plongée  
<https://communaute.ucpa.com>



## 1. Titrage des ions hypochlorite $\text{ClO}^-$ présents dans l'eau d'une fosse de plongée

Afin de maintenir la qualité sanitaire de l'eau d'une fosse de plongée on y ajoute des ions hypochlorite  $\text{ClO}^-$ , il s'agit d'un oxydant puissant qui peut réagir avec des composés organiques et des micro-organismes afin de les détruire. La réglementation impose une concentration en « chlore actif » pour les piscines en France correspondant à une concentration d'ions hypochlorite comprise entre  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  et  $1,4 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Pour étudier les propriétés chimiques de l'eau d'une fosse de plongée et déterminer sa concentration en ions hypochlorite, on effectue un prélèvement. À l'aide d'une pipette jaugée, on prélève  $V_1 = 20,0 \text{ mL}$  d'eau d'une fosse de plongée que l'on place dans un bécher de  $50 \text{ mL}$ , on ajoute  $1,0 \text{ mL}$  d'une solution contenant des ions iodure en excès et  $1,0 \text{ mL}$  une solution d'acide sulfurique puis on agite. Le mélange obtenu, qui prend alors une teinte orange-brun, est appelé solution S.

Les couples mis en jeu sont  $\text{ClO}^-(\text{aq})/\text{Cl}^-(\text{aq})$  et  $\text{I}_2(\text{aq})/\text{I}^-(\text{aq})$ . Le diiode a une coloration orange-brun en solution aqueuse, c'est la seule espèce colorée dans la solution S.

➤ Masses molaires de l'oxygène et du chlore :  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$  et  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$ .

**1.1.** Justifier à l'aide des observations expérimentales le caractère oxydant de l'eau de la fosse de plongée.

**1.2.** Écrire la demi-équation électronique associée au couple de l'hypochlorite et justifier le rôle d'oxydant de cet ion.

**1.3.** Donner l'équation de la réaction modélisant la transformation intervenant entre les ions hypochlorite et les ions iodure.

**1.4.** Établir le tableau d'avancement de la réaction. Les ions iodure,  $\text{I}^-(\text{aq})$ , et oxoniums  $\text{H}^+(\text{aq})$ , sont en excès, l'eau est le solvant.

On considère dans la suite que tout le diiode dans la solution S provient de la réaction entre les ions hypochlorite et iodure et que la transformation est totale. Afin de déterminer l'avancement final  $x_f$  de cette réaction, on effectue un dosage par étalonnage du diiode dans la solution S. On réalise une série de mesure d'absorbance de solutions de concentrations connues en diiode, les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

concentration en diiode ( $\text{mol.L}^{-1}$ )	$2,0 \times 10^{-5}$	$5,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$
absorbance A (à $475 \text{ nm}$ )	0,016	0,041	0,10	0,22

On effectue une mesure d'absorbance pour la solution S, on obtient  $A_S = 0,017$ .

Modèle CCYC : ©DNE																				
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																				
Prénom(s) :																				
N° candidat :											N° d'inscription :									
 Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE	(Les numéros figurent sur la convocation.)																			
Né(e) le :			/			/														

1.1

**1.5.** Déterminer la valeur de la concentration en diiode de la solution S. En déduire la valeur de la quantité de diiode, formée lors de la réaction entre les ions hypochlorite et iode, et que la valeur de l'avancement final  $x_f$  est voisine de  $4,6 \times 10^{-7}$  mol.

**1.6.** En déduire la valeur de la concentration en moles en ions hypochlorites  $\text{ClO}^-$  dans l'eau de la fosse de plongée. Indiquer si cette eau est conforme la législation française.

## 2. La pratique de l'apnée au NEMO 33

Lors de la pratique de l'apnée, le plongeur inspire au maximum de sa capacité pulmonaire lorsqu'il se trouve à la surface puis bloque sa respiration. Au cours de la descente, la pression augmente et le volume pulmonaire diminue jusqu'à ce que la rigidité du thorax ne permette plus de réduire son volume : le volume pulmonaire est alors égal au volume résiduel. Au-delà de cette profondeur, du sang est aspiré puis retenu dans la circulation pulmonaire, remplissant ainsi les poumons. Ce phénomène, appelé « *blood shift* », permet aux poumons de résister à la compression, mais il peut aussi entraîner des troubles du rythme cardiaque.

La capacité maximale des poumons est d'environ 6 L. Le volume résiduel, c'est-à-dire le volume d'air contenu dans les poumons à la fin d'une expiration forcée, est d'environ 1,5 L.

### Données :

- pression atmosphérique :  $P_a = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$  ;
- masse volumique de l'eau :  $\rho_e = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  ;
- valeur du champ de pesanteur :  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$  ;
- profondeur de NEMO 33 :  $h = 35 \text{ m}$  ;
- la loi fondamentale de la statique des fluides reliant la différence de pression  $p_A - p_B$  entre deux points A et B d'un fluide incompressible à  $\rho_e$ ,  $g$ , et  $z_A - z_B$  ;  $z_A$  et  $z_B$  étant les ordonnées des points A et B sur un axe des  $z$  orienté suivant la verticale ascendante s'écrit :  $p_A - p_B = \rho_e g (z_B - z_A)$ .

**2.1.** Décrire qualitativement comment évolue la pression lorsque le plongeur descend dans la fosse de plongée. Expliquer en quoi la loi fondamentale de la statique des fluides rend compte de cette évolution.

**2.2.** Énoncer la loi de Mariotte relative au produit de la pression  $P$  par le volume  $V$  d'un gaz pour une quantité de matière donnée et une température constante.

**2.3.** À l'aide des données, déterminer si le phénomène de « *blood shift* » risque d'apparaître lorsqu'un apnéiste, qui n'a pas expiré d'air au cours de sa plongée, atteint le fond de NEMO 33.

*Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution. Toute prise d'initiative et toute tentative de résolution, même partielle sera valorisée.*



## PARTIE B

### Vélo à assistance électrique (10 points)

Afin d'alimenter le moteur de l'assistance d'un vélo électrique, un spécialiste propose plusieurs batteries lithium-ion. Elles délivrent toutes une tension nominale de 36 V. En revanche leurs capacités varient de 8,7 A.h à 17,4 A.h en fonction du modèle choisi.

Cette partie aborde trois thèmes :

- le fonctionnement d'une batterie lithium-ion ;
- le bilan énergétique pour une batterie de 14,5 A.h ;
- la transformation du glucose dans le muscle ;

#### Données :

- Caractéristique de quelques batteries lithium-ion de tension nominale 36 V :

Batteries 36 V LIFT-MTB						
Capacités	Prix TTC (en euros)	Masse	Dimensions	Type de cellules	Autonomie estimée (dénivelé positif D+ en m)	Temps de charge estimé avec un chargeur de 2,0 A
8,7 A.h	399	1,6 kg	6x20x8 cm	PANASSONIC haute capacité de décharge	870	4 h 24 min
14,5 A.h	549	2,5 kg	10x20x8 cm	PANASSONIC haute capacité de décharge	1450	7 h 12 min
17,4 A.h	649	2,9 kg	12x20x8 cm	PANASSONIC haute capacité de décharge	1740	9 h 12 min

<https://www.lift-mtb.com/shop/batteries-et-chargeurs/>

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

- Table de données pour la spectroscopie IR :

Liaison	nombres d'onde (cm <sup>-1</sup> )	Intensité
C = O aldéhyde et cétone	1650 – 1730	Forte
C = O acide carboxylique	1680 – 1710	Forte
C <sub>tri</sub> – H	2800 -3100	Plusieurs bandes
O – H <sub>lié</sub>	3200 – 3400	Bande large
O – H <sub>libre</sub>	3580 – 3650	Bande fine
O–H acide carboxylique	2500 – 3200	Bande large

- Masse du système "cycliste + vélo" : 90 kg ;
- 1 cal = 4,18 J ;
- Volume molaire dans les conditions de l'expérience ( $T=20^{\circ}\text{C}$  et  $P = 101\,325\text{ Pa}$ ):  $V_m = 24,0\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- Masse molaire du glucose :  $M = 180,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- Intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

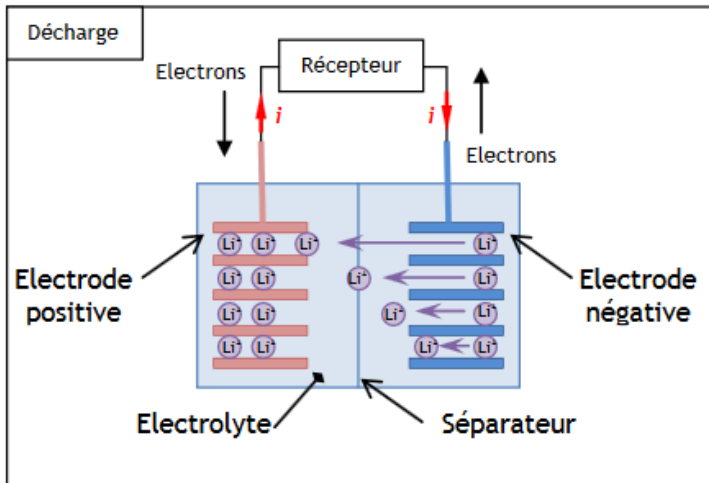
#### I. Fonctionnement d'une batterie lithium-ion.

Le courant électrique à l'extérieur de la batterie lithium-ion est engendré par la circulation d'électrons entre les deux électrodes de la batterie :

- une électrode négative qui est le siège de la réaction électrochimique suivante :  
 $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^-$
- une électrode positive qui est le siège de la réaction électrochimique suivante:  
 $\text{CoO}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiCoO}_2$

Li symbolise l'élément lithium et Co l'élément cobalt.

Lors du fonctionnement de la batterie, les ions  $\text{Li}^+$  traversent le séparateur suivant le sens des flèches représenté dans le schéma ci-dessous.



<https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/6107/6107-annexe-principe-de-fonctionnement-et-constituants-dune-batterie-ens.pdf> -  
[ENS Cachan](#)

1. Quel est le couple oxydant-réducteur mis en jeu à l'électrode négative ?
2. La réaction électrochimique à cette électrode est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier.

## II. Bilan énergétique pour une batterie de 14,5 A.h.

3. Déterminer la valeur de l'énergie potentielle de pesanteur emmagasinée par le système "vélo électrique + cycliste" lorsque le cycliste effectue le dénivelé ascensionnel positif maximal correspondant à l'autonomie de la batterie.
4. D'après les données constructeur, ce type de batterie délivre au maximum une énergie maximale  $E_{max} = 1,88 \cdot 10^6$  J.
  - 4.1. En théorie,  $E_{max}$  permet-elle d'effectuer le dénivelé ascensionnel indiqué?
  - 4.2. Dans les conditions réelles, un cycliste en forme moyenne doit fournir en pédalant 50% de l'énergie nécessaire à l'ascension. Pourquoi faut-il apporter une énergie supérieure à l'énergie potentielle de pesanteur pour réaliser l'ascension ?
5. Compléter la chaîne énergétique **en annexe à rendre avec la copie** à l'aide des mots suivants : transfert thermique ; transfert mécanique ; transfert électrique ; énergie chimique ; énergie mécanique ; énergie thermique.

## III. Transformation du glucose dans le muscle : comment le muscle du cycliste produit-il de l'énergie ?

Au cours de l'effort sportif, le glucose est dégradé par l'organisme en acide pyruvique. Selon les conditions d'oxygénation du cycliste, l'acide pyruvique sera dégradé à son tour soit en dioxyde de carbone et en eau (en milieu aérobie), soit en acide lactique (en milieu anaérobie).

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

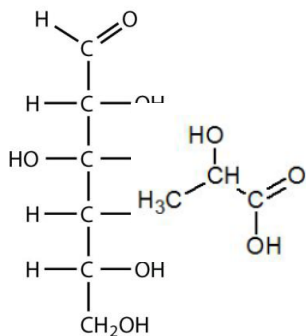
N° d'inscription :



Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

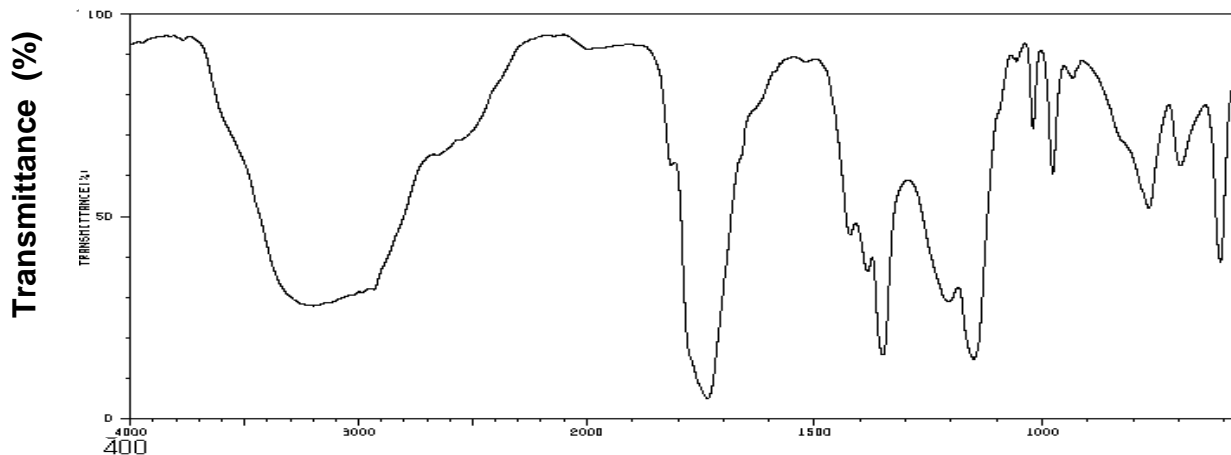


Glucose

Acide pyruvique

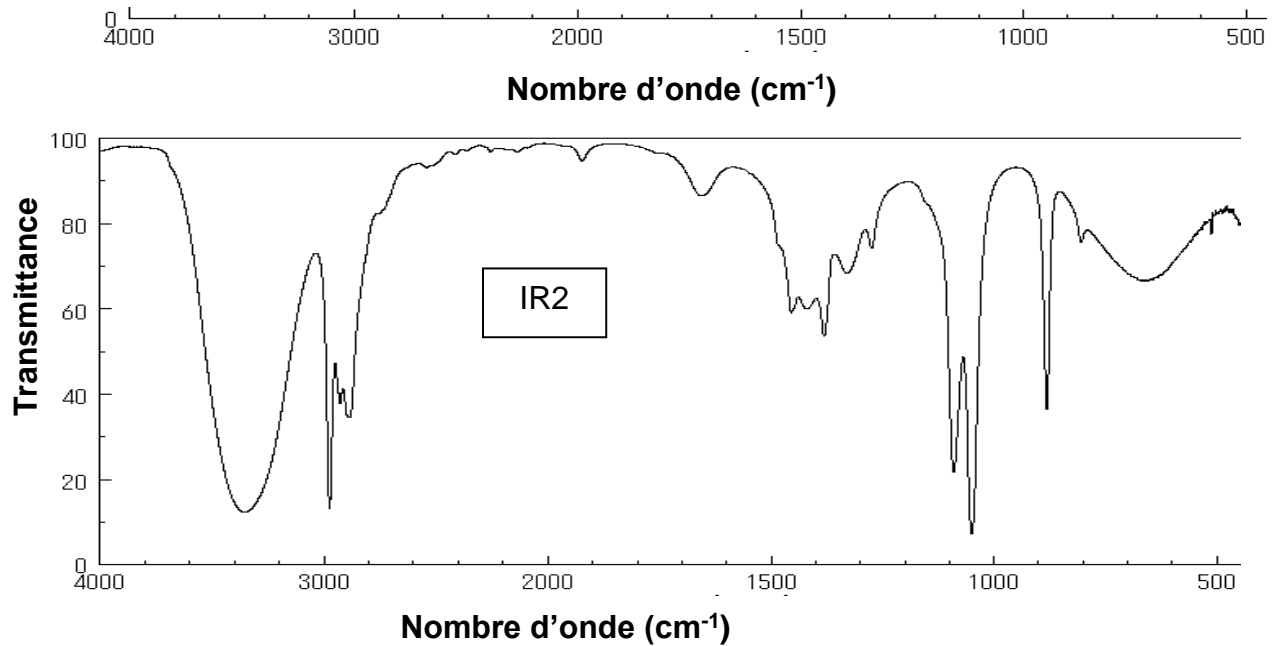
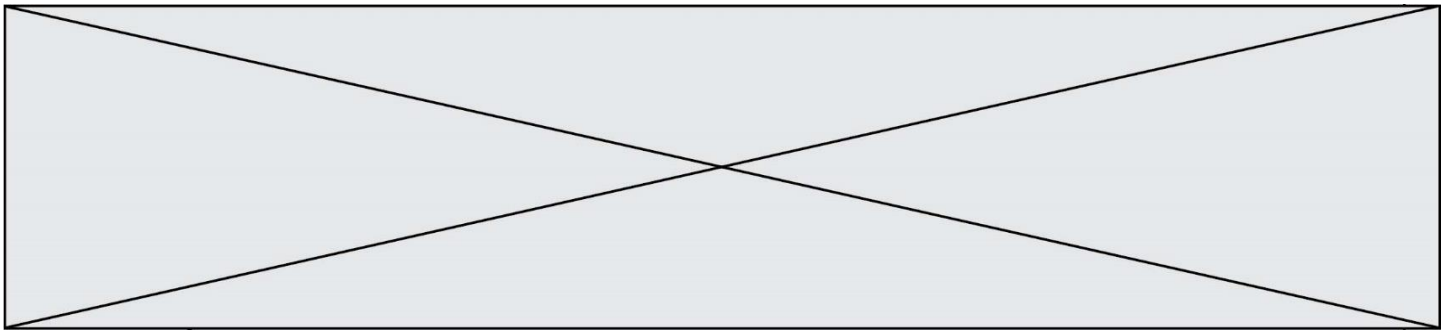
Acide lactique

6. Quel est le nom des familles de fonctions correspondant aux deux groupes caractéristiques de l'acide pyruvique ?
7. Parmi les spectres IR (IR1 et IR2) proposés ci-dessous, choisir, en justifiant, celui correspondant à l'acide pyruvique.

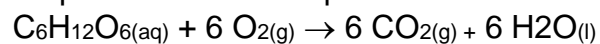


0  
4000

IR1



En milieu aérobie (présence de dioxygène), la transformation chimique du glucose dans un muscle peut être modélisée par la réaction d'équation :



L'énergie libérée par cette réaction est de 673 kcal pour une mole de glucose consommée par le muscle.

8. Calculer la valeur de la quantité de matière de glucose consommée par les muscles du cycliste afin de libérer une énergie  $E_{\text{musc}} = 640 \text{ kJ}$  pour effectuer l'ascension maximale.
9. On suppose que la transformation chimique est totale. Compléter le tableau d'avancement **en annexe à rendre avec la copie** et calculer les valeurs de la masse de glucose et du volume de dioxygène consommés pour effectuer l'ascension.



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

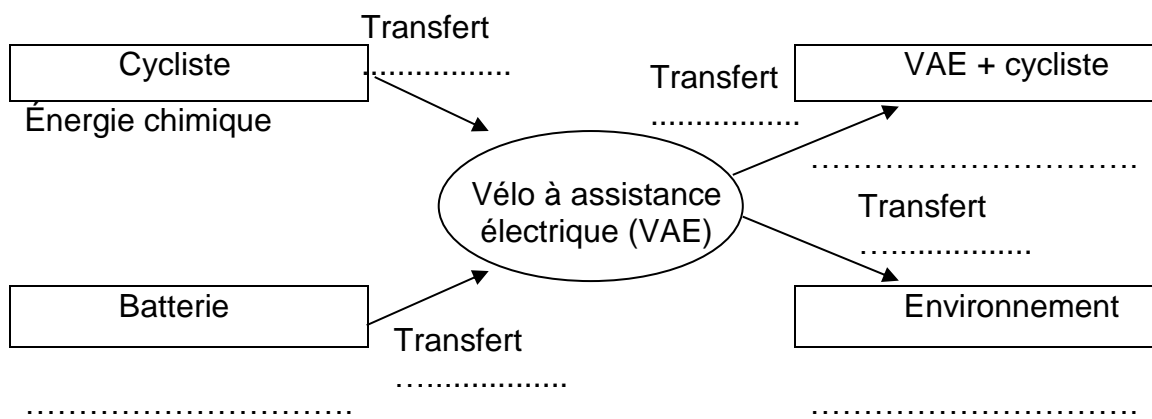


RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

**Annexe à rendre avec la copie**

**Question 5 :** Compléter la chaîne énergétique avec les mots suivants : transfert thermique ; transfert mécanique ; transfert électrique ; énergie chimique ; énergie mécanique ; énergie thermique.



**Question 9 :** Compléter le tableau d'avancement et calculer les valeurs de la masse de glucose et du volume de dioxygène consommés pour effectuer l'ascension.

	$C_6H_{12}O_{6(aq)}$	+	$6 O_{2(g)}$	$\rightarrow$	$6 CO_{2(g)}$	+	$6 H_2O_{(l)}$
État initial (mol)	0,228		excès		0		solvant
État final (mol)	.....		excès		.....		solvant