

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : STL
Spécialité Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire

SESSION 2018

CBSV : sous épreuve coefficient 4
Sciences physiques et chimiques en laboratoire : sous épreuve coefficient 4

JEUDI 21 JUIN 2018

Durée totale de l'épreuve : 4 heures

**Les sujets de CBSV et de sciences physiques et chimiques en laboratoire
seront traités sur des copies séparées.**

Dès que les sujets vous sont remis, assurez-vous qu'ils sont complets.

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

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : Sciences et Technologies de Laboratoire

Spécialités :

- **Biotechnologies**
- **Sciences physiques et chimiques en laboratoire**

SESSION 2018

JEUDI 21 JUIN 2018

**Sous-épreuve écrite de
Chimie – biochimie – sciences du vivant**

Coefficient de cette sous-épreuve : 4

Ce sujet est prévu pour être traité en deux heures.

**Les sujets de CBSV et de spécialité seront traités
sur des copies séparées.**

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

Ce sujet comporte **10** pages.

Partie 1 : pages 2 à 5

Partie 2 : pages 6 à 10

Les 2 parties sont indépendantes.

Importance du cholestérol dans l'organisme

Partie 1 : le cholestérol dans la membrane plasmique (8 points)

Le cholestérol est un lipide, constituant structural essentiel des membranes. Il sert aussi de précurseur à la formation de nombreuses molécules de l'organisme telles que les stéroïdes, les hormones sexuelles, les acides biliaires et la vitamine D.

L'objectif de cette partie est d'étudier la structure du cholestérol au sein de la membrane plasmique ainsi que sa voie de biosynthèse.

Structure du cholestérol

Le **document A** montre l'image de deux cellules adjacentes.

- 1.1. Indiquer la technique d'observation utilisée pour obtenir la photographie présentée dans le **document A**. Argumenter la réponse.
- 1.2. Citer une fonction exercée par la membrane plasmique.

Parmi les molécules constituant la membrane plasmique, on peut citer les phospholipides et le cholestérol.

Le **document B** présente la formule topologique de la molécule de cholestérol et la formule d'une espèce de phospholipides, la phosphatidylsérine, à pH = 7.

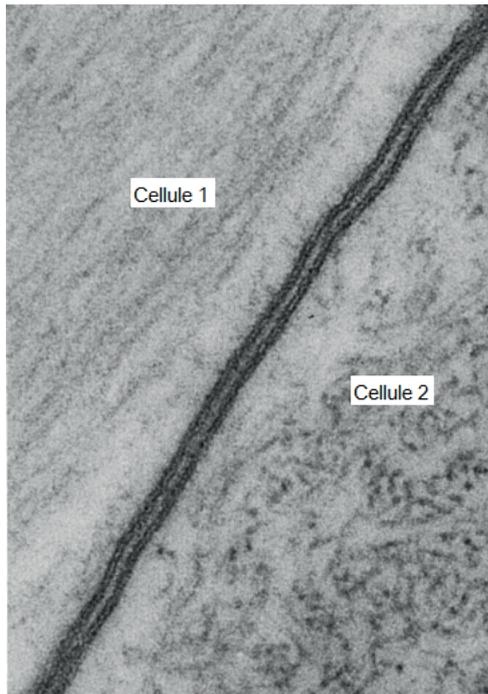
- 1.3. Nommer, sur la copie, les fonctions chimiques associées aux lettres a, b et c du **document B**.
- 1.4. Indiquer sur la copie, parmi les atomes de carbone numérotés 1, 2 et 3 du **document B**, lesquels sont asymétriques.
- 1.5. La représentation de la molécule de phosphatidylsérine présentée dans le **document B** fait apparaître deux parties notées P1 et P2. Préciser, en utilisant un vocabulaire adapté, les propriétés de chacune de ces deux parties en termes d'interactions avec l'eau.
- 1.6. Expliquer pourquoi la phosphatidylsérine, et plus largement les phospholipides, sont qualifiés d'espèces chimiques amphiphiles.
- 1.7. Préciser, en l'explicitant, la disposition adoptée par les deux espèces chimiques, phosphatidylsérine et cholestérol, au sein d'une membrane plasmique en milieu aqueux.

Biosynthèse du cholestérol

Le **document C** représente les dernières étapes de la voie de biosynthèse du cholestérol. La dernière réaction, développée dans le **document D**, est catalysée par l'enzyme 7-déshydrocholestérol réductase notée 7-DHCR.

- 1.8. Préciser, sur la copie, le nombre d'atomes d'hydrogène portés par les atomes de carbone 5 et 6 des molécules de 7-déshydrocholestérol d'une part et de cholestérol d'autre part.
- 1.9. À l'aide du **document E**, écrire les demi-équations d'oxydoréduction relatives aux couples mis en jeu dans la réaction décrite dans le **document D**.
- 1.10. À l'aide des données du **document E**, donner la condition que doit respecter le potentiel standard apparent d'oxydo-réduction du couple (7-DHC/cholestérol) noté E_1° pour que la réaction décrite dans le **document D** soit favorisée.

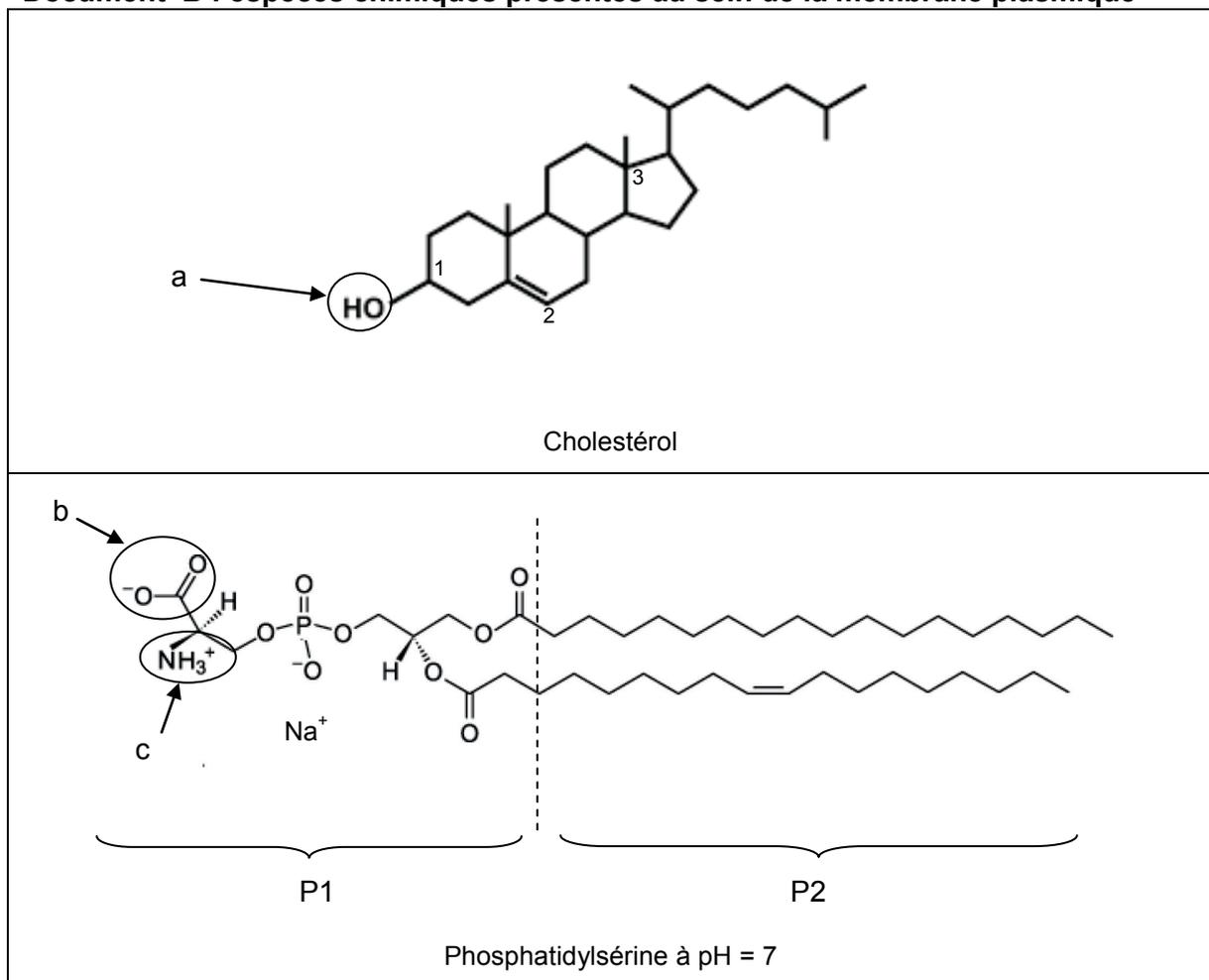
Document A : image de deux cellules adjacentes



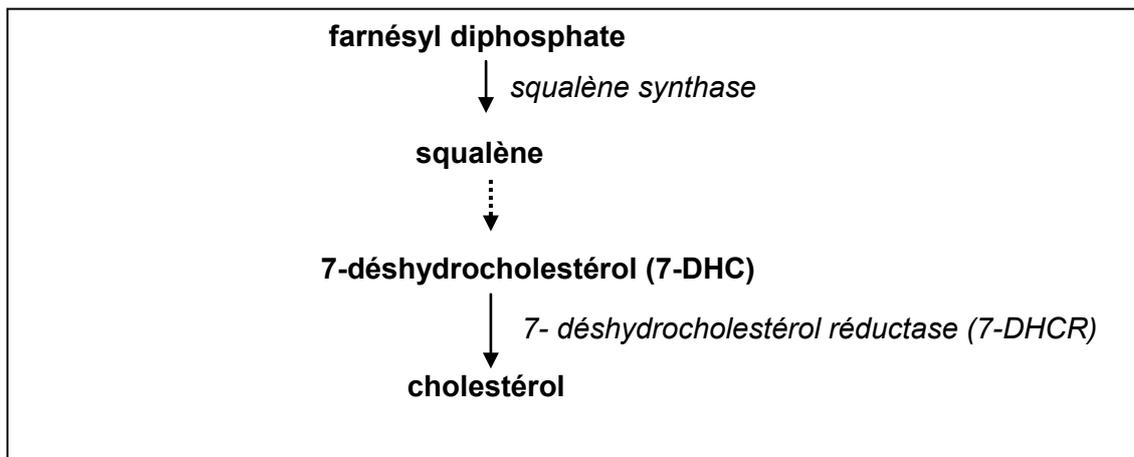
Remarque : la distance mesurée de l'espace situé entre les cellules est de 15 nm

Source : CIL 1088 (Cell Image Library accession number)

Document B : espèces chimiques présentes au sein de la membrane plasmique

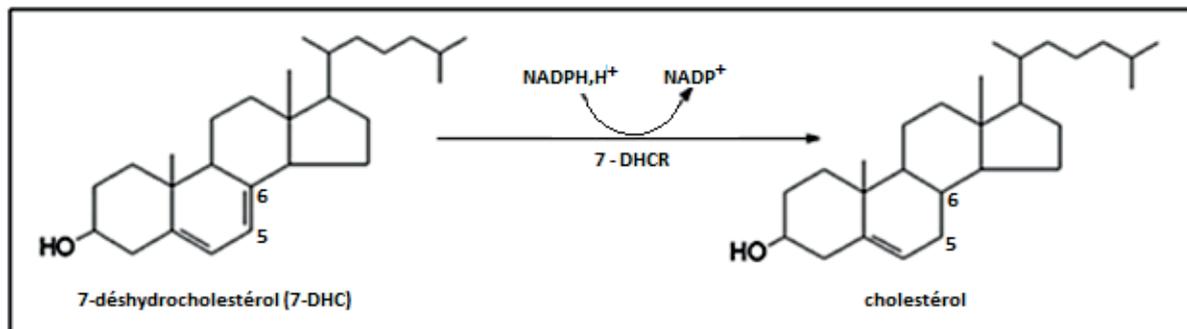


Document C : dernières étapes de la voie de biosynthèse du cholestérol



Source : document adapté de la revue « Journal of Lipid Research, mars 1998 »

Document D : réaction catalysée par l'enzyme 7-déshydrocholestérol réductase (7-DHCR)



Document E : couples oxydant-réducteur

Lors de la réaction décrite dans le **document D**, deux couples oxydant-réducteur sont mis en jeu :

- couple 1 : 7-DHC/cholestérol ($E_1^{\circ'}$)
- couple 2 : NADP⁺/NADPH, H⁺ ($E_2^{\circ'} = -0,32 \text{ V}$ à 37 °C et pH = 7)

Partie 2 : les dangers du déficit en cholestérol : le syndrome de Smith-Lemli-Opitz (12 points)

Alors que l'excès de cholestérol dans l'organisme fait l'objet de nombreuses publications, son insuffisance est plus rarement mentionnée. Pourtant, en 1964 fut décrit le syndrome de Smith-Lemli-Opitz (syndrome SLO), une maladie génétique rare, liée à des mutations du gène DHCR7, codant l'enzyme 7-déshydrocholestérol réductase intervenant dans la synthèse du cholestérol à partir du 7-déshydrocholestérol.

Le syndrome SLO est caractérisé cliniquement par une microcéphalie (taille anormalement petite du crâne) accompagnée de diverses anomalies et d'un retard intellectuel sévère.

L'objectif de cette étude est de comprendre le lien entre une mutation possible du gène DHCR7 et le déficit en cholestérol observé chez les patients et d'étudier un modèle animal reproduisant le déficit en cholestérol du syndrome SLO en vue de tester différentes approches thérapeutiques.

Origine génétique du syndrome SLO

L'enzyme 7-déshydrocholestérol réductase (7-DHCR) est codée par le gène DHCR7. Parmi les nombreuses mutations pouvant affecter le gène DHCR7 et provoquer le syndrome SLO, figure la mutation W151X.

Le **document F** présente un extrait de la séquence nucléotidique de l'allèle de référence et d'un allèle muté du gène DHCR7. À l'aide des **documents de référence** :

- 2.1. Décrire la ou les différence(s) constatée(s) entre les séquences nucléotidiques et conclure sur le type de mutation.
- 2.2. Pour chacune des séquences de l'allèle du gène DHCR7, établir la séquence de l'ARN messager et en déduire la séquence correspondante d'acides aminés.
- 2.3. Comparer les séquences d'acides aminés obtenues.
- 2.4. Formuler une hypothèse sur une conséquence possible sur la structure et sur la fonction de l'enzyme 7-DHCR chez les patients homozygotes pour la mutation W151X.

Étude d'un modèle animal reproduisant le déficit en cholestérol du syndrome SLO en vue de tester différentes approches thérapeutiques.

À la fin des années 1990, des scientifiques ont construit un modèle animal cherchant à reproduire chez le rat un déficit en cholestérol. L'objectif du modèle est de provoquer l'anomalie biochimique censée se produire dans le cas du syndrome SLO. Pour cela, ils ont procédé à l'expérience décrite dans le **document G**.

- 2.5. Comparer les résultats obtenus pour les deux lots de rats.
- 2.6. Conclure sur l'effet de la molécule BM 15.766 sur l'activité de l'enzyme 7-DHCR.

- 2.7. Exploiter ces résultats pour confirmer ou non l'intérêt de ce modèle animal dans l'étude du syndrome SLO.

Avec ce modèle animal, les scientifiques ont testé une possibilité de traitement thérapeutique du déficit en cholestérol. L'expérience et les résultats sont présentés dans le **document H**.

- 2.8. Analyser les résultats présentés dans le **document H**.
- 2.9. En déduire si un régime alimentaire adapté est une solution envisageable pour traiter un déficit en cholestérol chez le rat.

Synthèse

- 2.10. Rédiger une synthèse sur l'origine du syndrome SLO et proposer, d'après cette étude chez le rat, un traitement qui pourrait être envisagé chez les patients atteints de SLO.

Document F : séquences nucléotidiques des brins non transcrits de l'allèle de référence et de l'allèle muté du gène DHCR7 comportant 27 239 paires de bases

n° de nucléotides	...410	433...
Allèle de référence	5'...CTG CAA GCC TGG CTC CTC ACG CAC...3'	
Allèle muté W151X	5'...CTG CAA GCC TGA CTC CTC ACG CAC...3'	

Document G : étude des effets de la molécule BM 15.766 sur les stérols plasmatiques pour reproduire un déficit en cholestérol chez le rat

Les concentrations plasmatiques de cholestérol et de 7-déshydrocholestérol ont été mesurées :

- d'une part, chez des rats traités par une molécule, la BM 15.766, qui agit sur l'enzyme 7-déshydrocholestérol réductase,
- d'autre part, chez des rats non traités.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Lots de rats	Lot de rats non traités	Lot de rats traités par BM 15.766
Concentration plasmatique moyenne de cholestérol (mg.dL ⁻¹)	48,1	15,7
Concentration plasmatique moyenne de 7-déshydrocholestérol (mg.dL ⁻¹)	Traces	17,0

On considère que la valeur physiologique de la cholestérolémie des rats est de 48 mg.dL⁻¹.

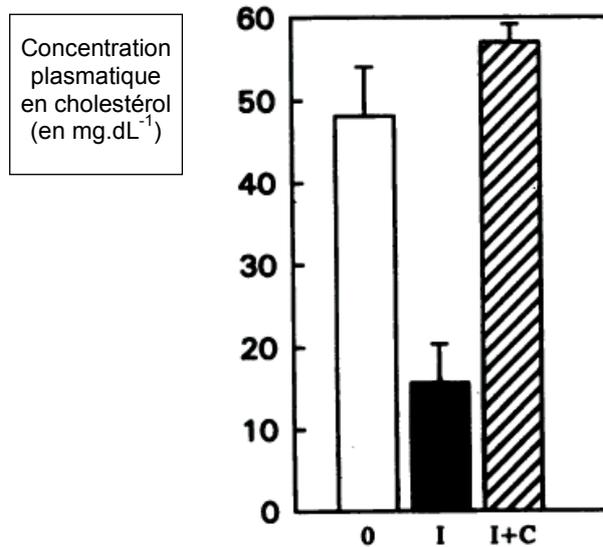
Source : article « Reproducing abnormal biosynthesis as seen in the Smith-Lemli-Opitz syndrome by inhibiting the conversion of 7-dehydrocholesterol to cholesterol in rats » par Xu et auteurs associés, J Clin Invest 1995

Document H : effets d'une alimentation enrichie en cholestérol sur la concentration plasmatique en cholestérol

Les concentrations massiques de cholestérol plasmatique ont été mesurées chez différents lots de rats ayant subi, pendant deux semaines, les traitements suivants :

- lot de rats non traités (**symbole 0**) ;
- lot de rats traités par la molécule BM 15.766 (**Symbole I**) ;
- lot de rats traités par la molécule BM 15.766 et recevant une alimentation enrichie en cholestérol (**Symbole I + C**).

Les résultats sont présentés dans la figure ci-dessous :



Source : article « Reproducing abnormal biosynthesis as seen in the Smith-Lemli-Opitz syndrome by inhibiting the conversion of 7-dehydrocholesterol to cholesterol in rats » par Xu et auteurs associés, J Clin Invest 1995

Documents de référence

Les différents types de mutation et leur conséquence

Type de mutation	Conséquence dans la séquence nucléotidique
Insertion	Ajout d'un nucléotide
Délétion	Suppression d'un nucléotide
Substitution	Remplacement d'un nucléotide

Tableau du code génétique

		DEUXIEME NUCLEOTIDE								
		U	C	A	G					
PREMIER NUCLEOTIDE	U	UUU	Phé	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
		UUC	Phé	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys	C
		UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	Stop	UGA	Stop	A
		UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	Stop	UGG	Trp	G
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
		CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg	C
		CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A
		CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
		AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C
		AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	A
		AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg	G
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
		GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C
		GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A
		GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly	G
						TROISIEME NUCLEOTIDE				

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : Sciences et Technologies de Laboratoire

**Spécialité : Sciences Physiques et Chimiques en
Laboratoire**

SESSION 2018

**Sous-épreuve écrite de sciences physiques et
chimiques en laboratoire**

Jeudi 21 juin 2018

Coefficient de la sous-épreuve : 4

Ce sujet est prévu pour être traité en deux heures.

**Les sujets de CBSV et de sciences physiques et chimiques en
laboratoire seront traités sur des copies séparées.**

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

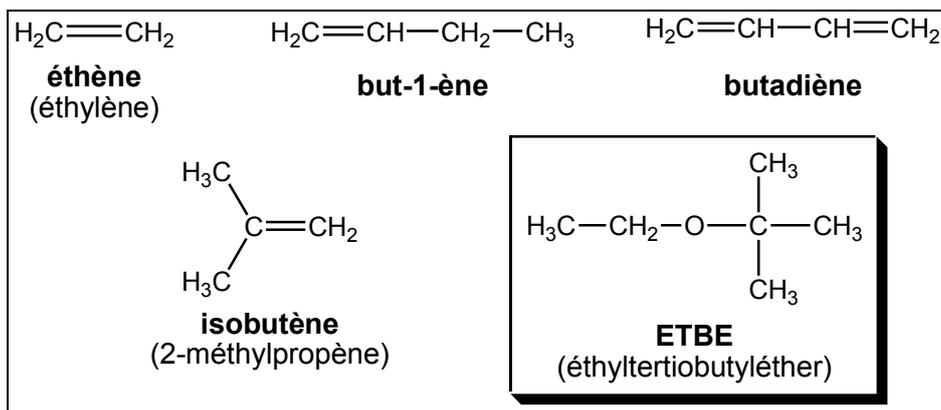
Ce sujet comporte **10** pages.

La page 10 est à rendre avec la copie

Étude du procédé industriel de synthèse de l'ETBE

L'éthyltertiobutyléther, noté *ETBE*, est un additif que l'on retrouve dans l'essence à hauteur de 15 % en volume pour le SP95 et le SP98 et jusqu'à 22 % pour le SP95-E10. Cet additif est synthétisé à partir d'éthanol d'origine agricole (40 %) d'une part, et d'isobutène et de but-1-ène, tous deux d'origine fossile (60 %) d'autre part, le tout en présence de résines sulfoniques qui constituent une source de protons H^+ (catalyseur).

Les molécules mises en jeu au cours de la synthèse sont présentées ci-dessous :



Le sujet porte sur plusieurs parties du procédé de synthèse de l'ETBE et son utilisation en tant qu'additif selon les trois parties ci-dessous :

- A. Transformation du butadiène en but-1-ène et synthèse de l'ETBE (6 points)**
- B. Régulation de température et contrôles analytiques (10 points)**
- C. Effets des additifs dans l'essence (4 points)**

Les trois parties sont indépendantes, le candidat peut les traiter dans l'ordre de son choix.
Les documents sont réunis à la fin de l'énoncé.

A. Transformation du butadiène en but-1-ène et synthèse de l'ETBE (6 points)

Le **document 1** (page 7) présente un schéma simplifié du procédé industriel de production d'ETBE. Le mélange brut issu du pétrole contient plusieurs composés mais seuls le but-1-ène et l'isobutène peuvent être utilisés pour la production d'ETBE. L'éthène est séparé du mélange et le butadiène est transformé en but-1-ène.

Dans cette partie sont étudiées les synthèses du but-1-ène (dans le réacteur R1) et de l'ETBE (dans le réacteur R2).

Dans le réacteur R1, le butadiène est dissous dans le diméthylformamide (DMF, solvant de la réaction) puis réagit avec du dihydrogène H_2 pour conduire à la formation de but-1-ène. Le DMF reste liquide dans les conditions de température (250 °C) et de pression (environ 20 bars) utilisées. Le catalyseur utilisé est du palladium adsorbé sur de l'alumine $Al_2O_3(s)$, à raison d'environ 1 %.

Les questions de cette partie ont pour objectif d'étudier la réaction mise en jeu et de déterminer la masse de but-1-ène produite en une heure.

La vitesse v de formation du but-1-ène, à 250 °C, pour 1 kg de catalyseur, est donnée par :

$$v = 0,923 \times C_{but} \times \sqrt{C_{H_2}} \quad C_{but}, C_{H_2} : \text{concentrations en butadiène et dihydrogène en mol}\cdot\text{L}^{-1};$$

v en $\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ par kg de catalyseur

A.1. Catalyse de l'hydrogénation partielle du butadiène (réacteur R1)

A.1.1. Donner la définition d'un catalyseur.

A.1.2. D'un point de vue énergétique, donner la raison pour laquelle un catalyseur modifie la vitesse d'une transformation chimique.

A.1.3. Préciser s'il s'agit d'une catalyse homogène ou hétérogène. Justifier.

A.2. Réaction d'hydrogénation partielle du butadiène (réacteur R1)

A.2.1. Écrire l'équation de la réaction de transformation du butadiène en but-1-ène (les formules semi-développées sont données dans l'introduction).

A.2.2. Calculer la vitesse de la réaction, par kilogramme de catalyseur, sachant que, dans les conditions de température et de pression utilisées, la concentration en butadiène vaut $C_{but} = 0,203 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et celle de dihydrogène $C_{H_2} = 0,271 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

A.2.3. Vérifier que la masse de but-1-ène ($M = 56,10 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) produite à l'heure, est supérieure à 15 kg par kilogramme de catalyseur.

Le DMF et le but-1-ène sont ensuite séparés par distillation. Le DMF est recyclé.

A.3. Synthèse de l'ETBE (réacteur R2)

Le mélange de but-1-ène et d'isobutène est injecté, ainsi que de l'éthanol, dans un réacteur à remplissage (R2). Celui-ci contient un catalyseur, de la Lewatit K2631, qui est une résine sulfonique très poreuse : elle apporte les ions H^+ nécessaires pour la réaction entre l'isobutène et l'éthanol qui donne l'ETBE.

Le mécanisme de la réaction est présenté dans le **document 2** (page 7).

La température d'injection des réactifs est de 70 °C. Le débit est réglé pour que la température de sortie soit de 120 °C, limite d'utilisation de la résine. La pression dans le réacteur R2 est de 20 bars.

- A.3.1.** Préciser si le processus mis en jeu dans le réacteur R2 est globalement endothermique ou exothermique. Justifier.
- A.3.2.** Écrire l'équation de réaction traduisant le bilan des trois étapes présentées dans le **document 2** (page 7).
- A.3.3.** Parmi les dénominations suivantes, choisir celle qui définit la réaction de l'étape 2 :
élimination – substitution – addition – acide/base

B. Régulation de température et contrôles analytiques (10 points)

Dans cette partie sont étudiées :

- la régulation de température à la sortie du réacteur R2,
- la composition des liquides à la sortie du réacteur R2 et de la colonne de distillation (voir **document 1**, page 7).

Pour rappel, la température de sortie du réacteur R2 doit être maintenue à 120 °C en agissant sur le débit d'entrée. Pour cela on utilise une boucle de régulation dont le schéma de principe est donné sur la **figure 1** de l'**annexe à rendre avec la copie** (page 10).

B.1. Régulation de la température en sortie du réacteur R2

- B.1.1.** Parmi les termes ci-dessous, identifier la perturbation Z, la grandeur réglée M et la grandeur réglante Y :

*température du mélange de sortie – débit du mélange d'entrée –
température du mélange injecté*

- B.1.2.** Donner la grandeur physique associée à la consigne W.
- B.1.3.** Compléter le schéma fourni en **annexe à rendre avec la copie (figure 1, page 10)** avec les 4 termes (Z, M, Y et W).

Industriellement, on fait appel à un capteur-transmetteur pour convertir la température T (0 à 500 °C) en intensité électrique i (4 à 20 mA).

Pour déterminer la précision du capteur-transmetteur, on réalise n essais consécutifs (n = 6) à la température de 100 °C. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Essais	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6
i (mA)	7,18	7,21	7,19	7,20	7,18	7,17

Pour un mesurande X, l'incertitude est donnée par : $U(X) = k \cdot \frac{\sigma(X)}{\sqrt{n}}$

où n est le nombre de mesures effectuées, $\sigma(X)$ l'écart-type et k le coefficient de Student.

Pour les 6 mesures effectuées, un niveau de confiance de 95 % correspond à k = 2,57.

- B.1.4.** Déterminer la moyenne \bar{i} des valeurs du tableau ci-dessus.
- B.1.5.** Déterminer l'incertitude élargie U(i) donnant un intervalle de confiance de 95 %, sachant que l'écart-type vaut $\sigma(i) = 1,47 \times 10^{-2}$ mA.
- B.1.6.** Exprimer correctement le résultat sous la forme $i = \bar{i} \pm U(i)$.
- B.1.7.** Le constructeur indique sur le capteur-transmetteur une précision de 1 %. Indiquer si les mesures réalisées sont cohérentes avec cette valeur en justifiant la réponse.

B.2. Contrôle de la composition des liquides en sortie de R2

Le produit sortant du réacteur R2 contient principalement :

- de l'ETBE,
- de l'éthanol,
- du but-1-ène,
- du but-2-ène (isomères E et Z).

Il est important de pouvoir estimer le taux d'ETBE dans le mélange à la sortie du réacteur R2 pour gérer au mieux la suite du procédé. La connaissance de l'indice de réfraction du mélange permet d'accéder au pourcentage massique d'ETBE.

Une partie du dispositif de mesure de l'indice de réfraction est schématisée sur la **figure 2** de l'**annexe à rendre avec la copie** (page 10) : la détection du rayon limite sortant du prisme est réalisée automatiquement grâce à l'analyse de la plage d'éclairage d'une barrette CCD. On en déduit la valeur de l'angle r_2 qui permet de déterminer la valeur de l'indice de réfraction n .

On considérera que l'indice de réfraction de l'air n_{air} est égal à 1,000.

B.2.1. Compléter le schéma fourni en **annexe à rendre avec la copie** (**figure 2**, page 10) pour faire apparaître l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction r_1 au point d'incidence I.

Le prisme utilisé présente un angle au sommet A de $60,00^\circ$ et un indice de réfraction de valeur $N = 1,702$. La barrette CCD (3600 pixels, taille d'un pixel : $8 \mu\text{m}$) est située à une distance $d = 50,00 \text{ mm}$ du prisme. Lors du fonctionnement, le rayon limite est détecté par le $1090^{\text{ème}}$ pixel situé au-delà du pixel central (voir **figure 2** de l'**annexe à rendre avec la copie**, page 10).

B.2.2. À l'aide des informations ci-dessus et en vous appuyant sur la **figure 2**, montrer que l'angle r_2 vaut $9,89^\circ$.

B.2.3. Donner l'expression littérale reliant les angles i_2 et r_2 à l'aide de la deuxième loi de Descartes (ou loi de la réfraction) appliquée au point I'.

B.2.4. L'application de la loi de Descartes aux points I et I' permet de déterminer l'indice de réfraction n du liquide grâce à la relation suivante :

$$n = N \times \sin\left(A - \arcsin\left(\frac{\sin r_2}{N}\right)\right), \text{ qui devient ici } n \approx N \times \sin(A - 5,794^\circ)$$

Faire l'application numérique pour déterminer la valeur de l'indice de réfraction n du liquide sortant du réacteur R2.

B.2.5. Déterminer le pourcentage massique en ETBE du produit sortant du réacteur en exploitant et en complétant le graphique de la **figure 3** en **annexe à rendre avec la copie** (page 10)

B.3. Contrôle spectroscopique en sortie de colonne de distillation

L'ETBE est ensuite séparé de l'éthanol en excès, du but-1-ène et du but-2-ène (E et Z) toujours présents, par le biais d'une colonne de distillation (voir **document 1**, page 7). Pour vérifier que l'ETBE est effectivement débarrassé de l'éthanol en excès, on réalise un spectre infrarouge du liquide (voir **document 3**, page 8) à la sortie de la colonne de distillation.

À partir des **documents 3 et 4** (page 8), indiquer si le composé final contient encore de l'éthanol. Justifier la réponse.

C. Effets des additifs dans l'essence (4 points)

C.1. Enthalpie de vaporisation

À partir du **document 5** (page 9) et de vos connaissances, répondre aux questions ci-dessous.

C.1.1. Définir la notion d'enthalpie massique de vaporisation.

C.1.2. Expliquer pourquoi la forte valeur de l'enthalpie de vaporisation de l'éthanol peut poser des problèmes de « démarrage à froid », c'est-à-dire lorsque le moteur du véhicule est encore froid.

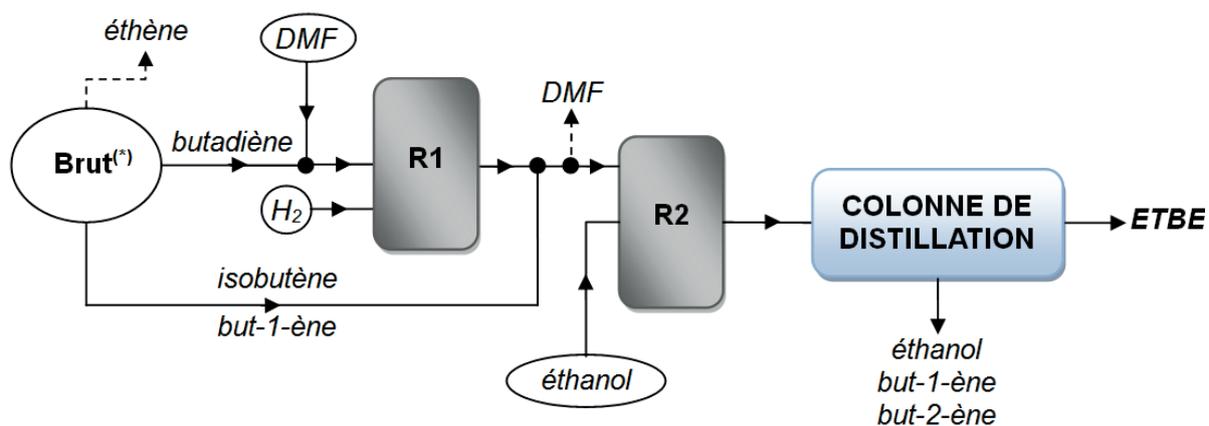
C.2. Avantages et inconvénients d'un additif

À partir des **documents 5 et 6** (page 9), répondre aux questions ci-dessous.

C.2.1. Donner le (ou les) intérêt(s) à introduire un additif (ETBE ou éthanol) à l'essence.

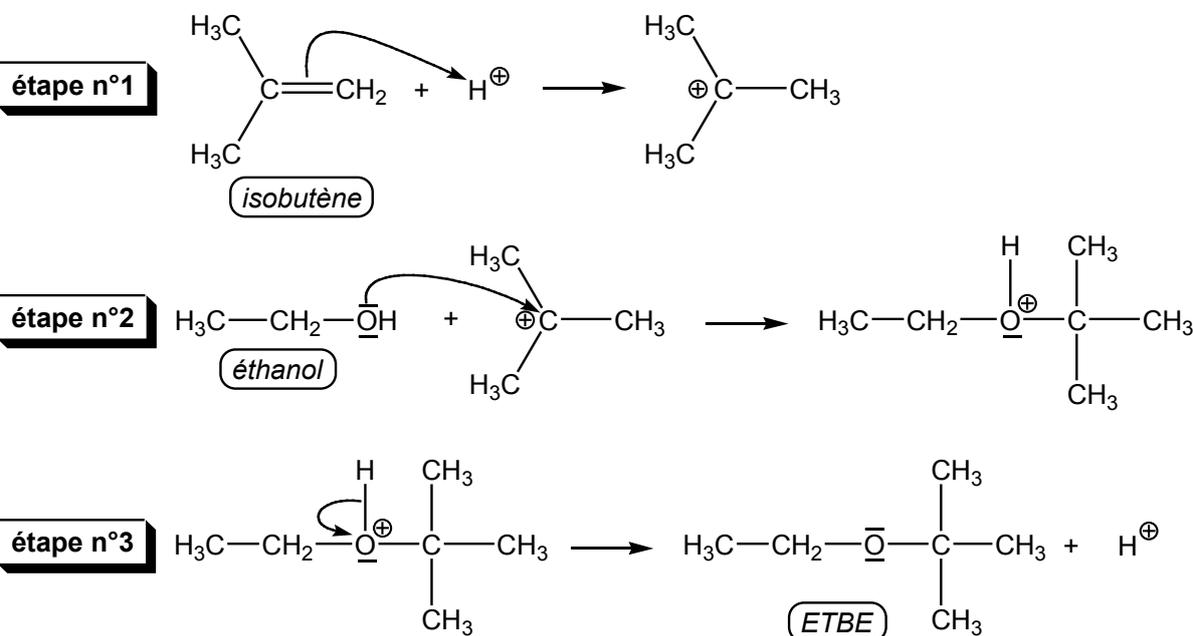
C.2.2. Préciser les avantages et les inconvénients de l'ETBE par rapport à l'éthanol.

Document 1 : schéma simplifié du procédé industriel de production d'ETBE
 d'après World Academy of Science, Engineering and Technology, 64, 1033(2012)

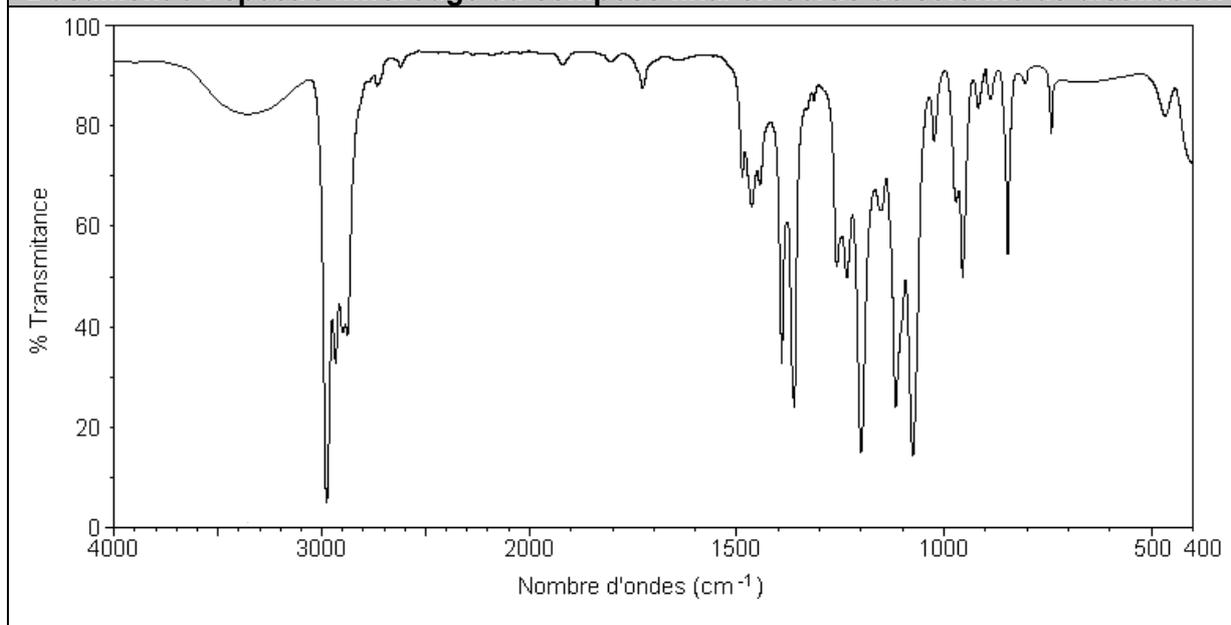


(*) Le mélange brut contient principalement de l'éthène (50 %), du butadiène (19 %), de l'isobutène (14 %) et du but-1-ène (8 %). Il provient du craquage catalytique du naphta lourd (coupes de distillation du pétrole récupérées entre 80 et 220 °C).

Document 2 : mécanisme de la réaction de synthèse de l'ETBE

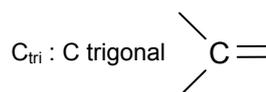


Document 3 : spectre infrarouge du composé final en sortie de colonne de distillation



Document 4 : table des nombres d'onde des vibrations en spectroscopie infrarouge

Liaison	Nature de la vibration	Nombre d'onde (cm ⁻¹)
O-H	Élongation	3200-3600
C _{tri} -H	Élongation	3030-3100
C _{tet} -H	Élongation	2850-2970
O-H acide carboxylique	Élongation	2500-3200
C=O ester	Élongation	1735-1750
C=O aldéhyde / cétone	Élongation	1700-1740
C=O acide carboxylique	Élongation	1700-1725
C=C	Élongation	1620-1690
C _{tet} -H	Déformation	1430-1470
C _{tet} -H (CH ₃)	Déformation	1370-1390
C _{tet} -OH	Élongation	1010-1200



**Document 5 : caractéristiques de l'essence standard (SP95)
et de deux additifs (éthanol et ETBE)**

Caractéristiques	Essence standard	Éthanol	ETBE
Masse volumique (kg.L ⁻¹)	0,755	0,794	0,750
Pouvoir calorifique (kJ.L ⁻¹)	32 389	21 283	26 910
Enthalpie de vaporisation (kJ.kg ⁻¹)	289	854	321
Indice d'octane RON ^(*)	95	120	118

(*) Un indice d'octane élevé permet une augmentation du taux de compression du moteur et une amélioration du rendement.

La combustion du carburant ne peut se faire que si le mélange est gazeux.
Par ailleurs, le mélange éthanol hydraté/essence peut se séparer en deux phases (démixtion) dont aucune n'est adéquate pour les moteurs, nécessitant de protéger le système de distribution de la présence d'eau, d'injecter l'éthanol le plus tard possible (au chargement des camions), d'incorporer l'éthanol anhydre dans des proportions maximales de 25 %.

L'ETBE est miscible en toutes proportions avec l'essence.
Par ailleurs, sa biodégradabilité est faible, ce qui a fait de son utilisation un problème environnemental, en particulier pour les nappes phréatiques.

Sources :

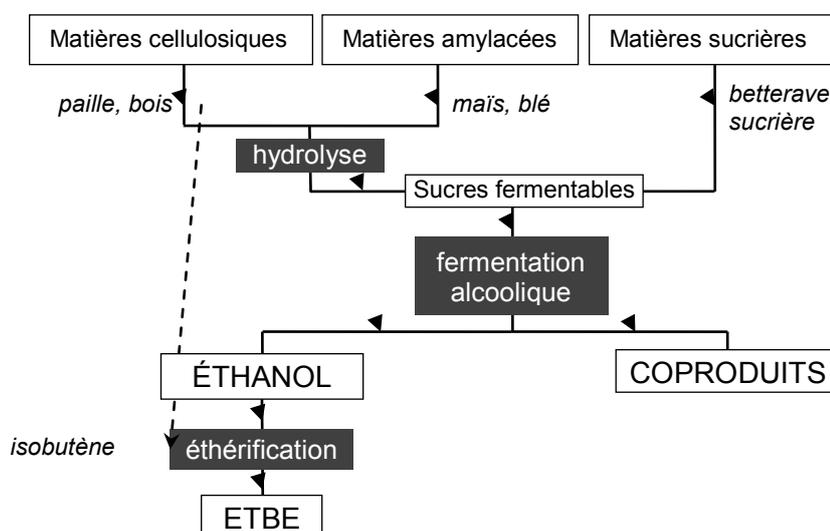
- « **Enjeux technologiques et écologiques majeurs des biocarburants** », Anne-Lise HANTSON et Diane THOMAS, Congrès Français de Thermique, SFT2010.
- Thèse de Cédric MALANDAIN, soutenue le 21 Décembre 2007 à l'ENS de Lyon
- Site de l'Institut Français du Pétrole – Énergies Nouvelles (www.ifpenergiesnouvelles.fr)

Document 6 : la filière biocarburant essence en France

D'après document du Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, DGEMP (Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières), modifié le 19/09/2006

Comme l'indique le schéma ci-dessous, l'éthanol utilisé notamment dans la synthèse de l'ETBE, peut être fabriqué à partir de la biomasse selon trois procédés :

- la voie cellulosique,
- la voie amylicée,
- la voie sucrière.



ANNEXE à rendre avec la copie

Figure 1 (question B.1.3.) : schéma de la boucle de régulation de température du réacteur R2

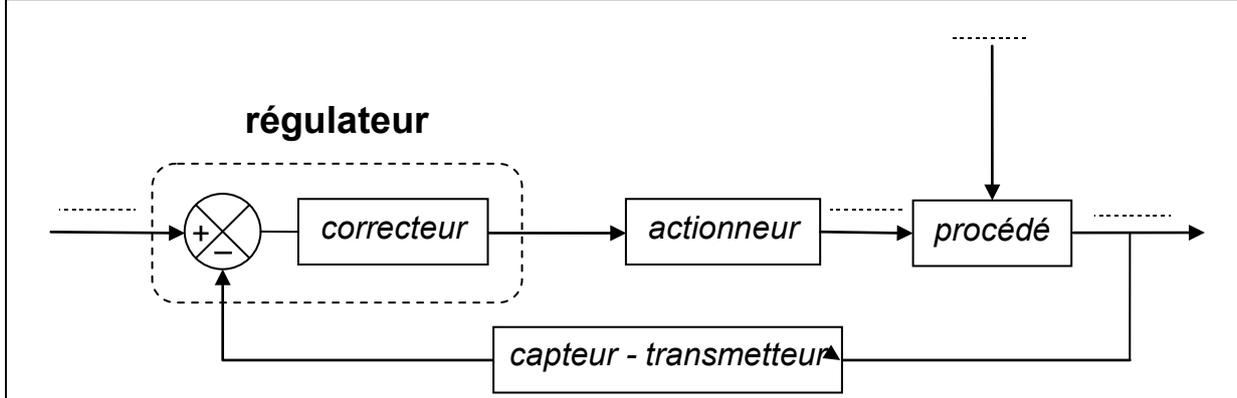


Figure 2 : schéma simplifié, en coupe, du dispositif de mesure de l'indice de réfraction en sortie du réacteur R2 (questions B.2.1. et B.2.2.)

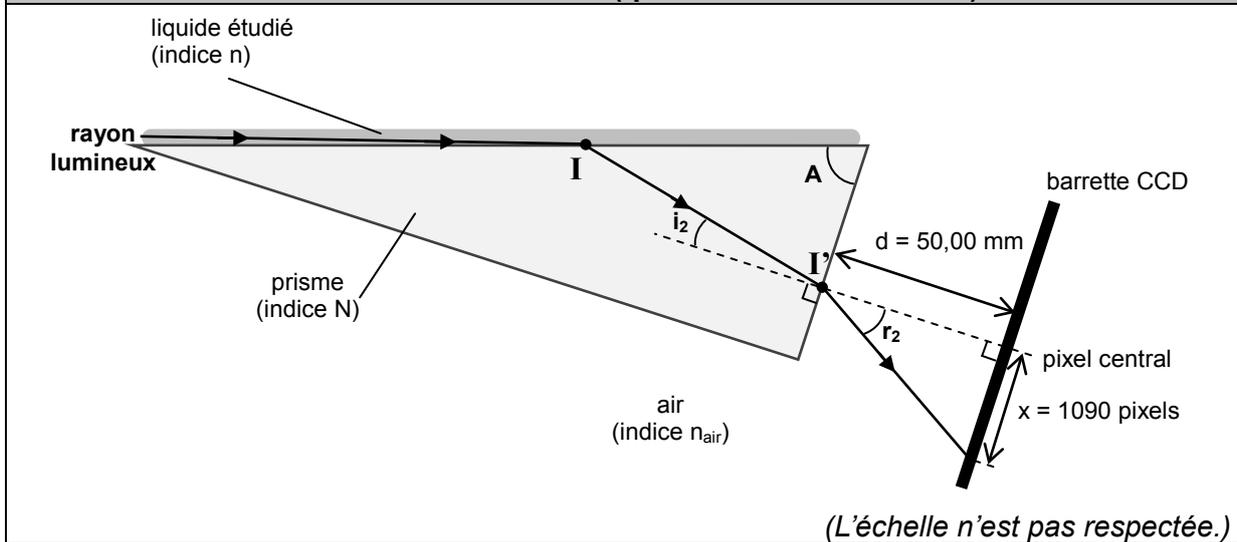


Figure 3 : indice de réfraction à 25 °C du mélange sortant du réacteur R2

