



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Réseau Canopé  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.**

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE

## CHIMIE

SESSION 2017

Durée : 4 heures  
Coefficient : 7

**Matériel autorisé :**

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n° 99-186 du 16/11/99).

**Tout autre matériel est interdit.**

**Aucun document autorisé.**

**Documents à rendre avec la copie :**

**Partie chimie générale :**

- Annexe 1 page 11
- Annexe 2 page 12

**Partie chimie organique :**

- Annexe 3 page 13
- Annexe 4 page 14

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 16 pages, numérotées de 1/16 à 16/16.**

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE	Code sujet : 17-CHCHI-P	Session 2017
CHIMIE		Page 1 sur 16

# CHIMIE GÉNÉRALE

## DONNÉES

Constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Elément	Br	Ag
Numéro atomique $Z$	35	47
Masse molaire atomique / $\text{g.mol}^{-1}$	79,9	107,9
Rayon ionique / pm	$r(\text{Br}^-) = 196$	$r(\text{Ag}^+)$ *

\* Le rayon ionique  $r(\text{Ag}^+)$  sera déterminé au cours de l'épreuve.

### Données à 298 K :

	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	O <sub>2</sub> (g)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array} \text{ (g)}$	H <sub>2</sub> O(g)	CO <sub>2</sub> (g)
$\Delta_f H_i^\circ / \text{kJ.mol}^{-1}$	52,4	0	- 51,1	- 241,8	- 393,5
$S_i^\circ / \text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$	219,4	205,0	243,0	188,7	213,6

Enthalpie standard de formation de l'espèce AgBr(s) :  $\Delta_f H_1^\circ = - 100,4 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Affinité électronique :  $\text{Br(g)} + e^- \rightarrow \text{Br}^-(\text{g})$  :  $\Delta H_2^\circ = - 324,7 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Enthalpie standard de sublimation de l'argent :  $\Delta_{\text{sub}} H_3^\circ = 284,6 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Enthalpie standard d'ionisation de l'argent Ag (g) :  $\Delta_{\text{ion}} H_4^\circ = 733,0 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Enthalpie standard de dissociation de la liaison Br – Br (g) :  $\Delta_{\text{diss}} H_5^\circ = 193,0 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Enthalpie standard de vaporisation du dibrome Br<sub>2</sub>(l) :  $\Delta_{\text{vap}} H_6^\circ = 30,9 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Produit ionique de l'eau :  $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$

Produit de solubilité de l'oxyde d'argent :



Potentiels standard :

Couple redox	H <sup>+</sup> (aq) / H <sub>2</sub> (g)	Ag <sup>+</sup> (aq) / Ag(s)	O <sub>2</sub> (g) / H <sub>2</sub> O(l)
$E^\circ / \text{V}$	0,00	0,80	1,23

$$\frac{R.T}{F} \ln (X) = 0,06 \lg (X) \text{ en volts}$$

## AUTOUR DE L'ARGENT

### 1. L'ARGENT DANS L'ART : LE BROMURE D'ARGENT

Les cristaux de bromure d'argent présentent une grande sensibilité à la lumière et sont utilisés en photographie. Chaque ion de la maille élémentaire du bromure d'argent AgBr présente une coordinence [6].

On assimile les ions à des sphères indéformables.

**1.1.** Compléter la maille élémentaire du bromure d'argent en **annexe 1 page 11, à rendre avec la copie**, en justifiant la réponse.

**1.2.** Déterminer les nombres d'ions argent  $\text{Ag}^+$  et d'ions bromure  $\text{Br}^-$  présents dans une maille. Commenter.

**1.3.** La densité du cristal de bromure d'argent est  $d = 6,47$ . Exprimer, puis calculer, la valeur du paramètre de maille  $a_{\text{AgBr}}$ .

**1.4.** En déduire la valeur du rayon ionique de l'ion  $\text{Ag}^+$ , noté  $r(\text{Ag}^+)$ .

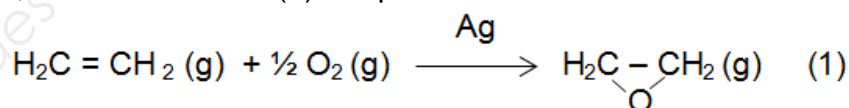
**1.5.** On définit l'énergie réticulaire d'un cristal comme étant la variation d'enthalpie standard liée à la dissociation du cristal en ses ions constitutifs à l'état gazeux :



À l'aide d'un cycle de Born-Haber, à compléter sur l'**annexe 1 page 11 à rendre avec la copie**, déterminer l'expression de l'énergie réticulaire du cristal AgBr, notée  $E_{\text{ret}}$ , puis la calculer. *Tout élément de réponse pertinent sera pris en compte.*

### 2. L'ARGENT COMME CATALYSEUR

Dès les années 1930, l'argent est utilisé comme catalyseur pour l'oxydation directe de l'éthylène (éthène) en son époxyde, l'oxyde d'éthylène ou 1,2-époxyéthane, selon la réaction (1) d'équation suivante :



Les conditions opératoires pour ce procédé industriel, mis en œuvre par l'entreprise *Union Carbide Corporation* dès 1937, sont une pression comprise entre 10 et 20 bar et une température comprise entre 250 et 300 °C.

On considère que les grandeurs standard de réaction ne dépendent pas de la température.

**2.1.** Déterminer, à l'aide des données, la valeur de la constante d'équilibre  $K^\circ$  de la réaction (1) pour une température de 550 K. Expliciter la démarche utilisée.

**2.2.** La réaction (1) s'accompagne d'une autre réaction, la combustion complète de l'éthylène.

**2.2.1.** Écrire l'équation de la réaction correspondante, notée (2).

**2.2.2.** Vérifier que la combustion de l'éthylène libère de l'énergie sous forme de chaleur.

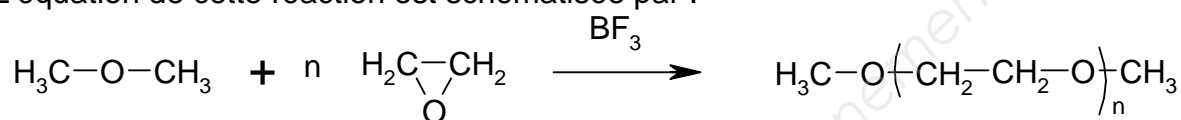
BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE	Code sujet : 17-CHCHI-P	Session 2017
CHIMIE		Page 3 sur 16

**2.3.** L'un des plus gros problèmes à résoudre dans le procédé industriel est l'évacuation des grandes quantités de chaleur dégagée. Le contrôle de la température est assuré dans le réacteur en limitant la conversion de l'éthylène en oxyde d'éthylène à 10 %. Dans le procédé, on introduit environ 50 % de gaz inerte, en circuit fermé, tel que par exemple du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ . La teneur en dioxygène du milieu réactionnel est ajustée à 6 à 8 % en volume, celle en éthylène est comprise entre 20 à 30 % en volume ; ainsi on demeure en dehors des limites d'inflammabilité des mélanges éthylène / dioxygène.

Montrer que les conditions opératoires (température, pression, présence de dioxyde de carbone) sont telles que la réaction (2) est défavorisée au profit de la réaction (1).

**2.4.** L'oxyde d'éthylène peut réagir sur le méthoxyméthane  $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3$  pour former des dialkyléthers de l'éthylène glycol, qui sont des liquides hautes performances et aussi de bons solvants pour les résines et les peintures.

L'équation de cette réaction est schématisée par :



Cette réaction doit se faire dans des conditions douces ( $T < 500 \text{ }^\circ\text{C}$ ) afin que le méthoxyméthane ne se décompose pas en éthane.

Le mécanisme proposé pour cette réaction de décomposition est le suivant :

- (1)  $\text{CH}_3\text{OCH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{O}^\bullet + \bullet\text{CH}_3$
- (2)  $\bullet\text{CH}_3 + \text{CH}_3\text{OCH}_3 \rightarrow \text{CH}_4 + \bullet\text{CH}_2\text{OCH}_3$
- (3)  $\bullet\text{CH}_2\text{OCH}_3 \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \bullet\text{CH}_3$
- (4)  $\text{CH}_3\text{O}^\bullet \rightarrow \text{H}^\bullet + \text{CH}_2\text{O}$
- (5)  $\text{H}^\bullet + \text{CH}_3\text{OCH}_3 \rightarrow \bullet\text{CH}_2\text{OCH}_3 + \text{H}_2$
- (6)  $2 \bullet\text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$

On note  $k_i$  la constante de vitesse de chaque acte élémentaire (i).

**2.4.1.** Identifier les différents intermédiaires réactionnels dans ce mécanisme.

**2.4.2.** Exprimer la vitesse  $v_i$  de chaque acte élémentaire (i) en fonction de la constante de vitesse  $k_i$  et des concentrations adéquates.

**2.4.3.** En appliquant l'approximation de l'état quasi-stationnaire (AEQS) à tous les intermédiaires réactionnels, vérifier que l'expression de la vitesse de disparition du méthoxyméthane (noté M) est donnée par :

$$v = k_2 \times \left( \frac{k_1}{k_6} \right)^{1/2} \times [\text{M}]^{3/2} + 2 \times k_1 \times [\text{M}]$$

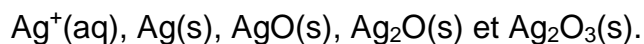
**2.4.4.** Proposer une interprétation au fait que des conditions douces limitent la décomposition du méthoxyméthane en éthane.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE	Code sujet : 17-CHCHI-P	Session 2017
CHIMIE		Page 4 sur 16

### 3. L'ARGENT DANS LA VIE QUOTIDIENNE

L'argent fait partie des métaux précieux avec l'or, le platine, etc. Ces métaux conservent un bel éclat au fil du temps. Cependant, l'argent peut s'oxyder lentement à l'air.

Le diagramme potentiel-pH ( $E$ -pH) de l'argent à 298 K, présenté en **annexe 2, page 12**, est relatif aux espèces chimiques suivantes :



Les solides ne sont pas miscibles entre eux.

La concentration en espèces dissoutes est fixée à  $C_0 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ .

**3.1.** Attribuer un nombre d'oxydation à l'élément argent dans chacune des différentes espèces considérées, puis associer les domaines A, B, C, D et F aux différentes espèces chimiques.

**3.2.** Déterminer, par le calcul, la valeur du pH de précipitation de l'espèce  $\text{Ag}_2\text{O}(\text{s})$ . Valider la réponse en exploitant le diagramme  $E - \text{pH}$ .

**3.3.** On considère le couple formé par les espèces  $\text{Ag}(\text{s})$  et  $\text{Ag}^+(\text{aq})$ . Déterminer (sans utiliser le diagramme  $E$ -pH) l'équation de la droite frontière entre ces deux espèces chimiques ; identifier cette frontière sur le graphe en la notant ①.

**3.4.** Le diagramme  $E$ -pH de l'eau a été superposé à celui de l'argent.

**3.4.1.** Préciser la position relative des espèces chimiques  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$  associées aux couples de l'eau.

**3.4.2.** Indiquer si le métal argent est stable en présence du dioxygène de l'air. Argumenter la réponse en fonction du pH.

**3.4.3.** Expliquer pourquoi l'eau n'est pas à l'origine de l'oxydation du métal argent.

# CHIMIE ORGANIQUE

Les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques qui peuvent interférer avec le fonctionnement des organes responsables de la sécrétion des hormones chez une personne et ses descendants. On les soupçonne d'agir sur la fertilité, la croissance et d'être à l'origine de certains cancers.

Parmi ces molécules, on trouve notamment le bisphénol A (BPA) et les « phtalates ».

Des recherches sont en cours afin de trouver des produits de substitution au bisphénol A et aux phtalates. Dans ce contexte, l'isosorbide, molécule issue de l'amidon des plantes, est une solution intéressante.

Le candidat trouvera en **annexe 5 page 15** les domaines de déplacement chimique des protons en spectroscopie de RMN du proton et en **annexe 6 page 16** les douze principes de la chimie verte.

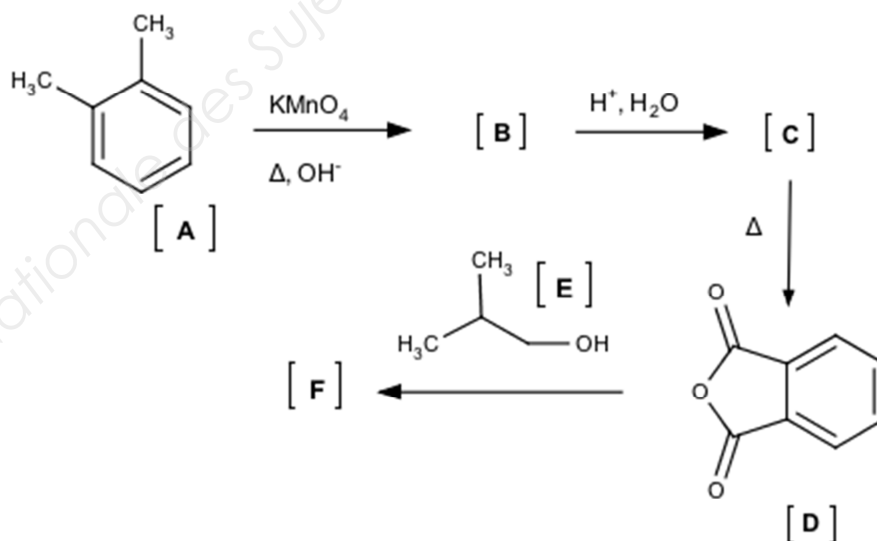
**Les trois parties sont indépendantes**

## 1. SYNTHÈSE ET CARACTÉRISATION D'UN PHTALATE

Les phtalates sont principalement des diesters de l'acide phtalique (acide benzène-1,2-dicarboxylique). Ils sont utilisés comme plastifiants dans l'industrie chimique pour leur capacité à améliorer les propriétés mécaniques (souplesse, résistance aux chocs...) des polymères auxquels ils sont ajoutés. On les retrouve dans la composition d'une grande variété de matières plastiques souples.

Plusieurs normes ont été adoptées dans le monde pour limiter ou interdire l'utilisation des phtalates dans les produits à risques, comme les cosmétiques, le matériel hospitalier, les jouets pour enfants.

On donne ci-dessous le schéma réactionnel de la synthèse d'un phtalate [F] :



1.1. Remplir le tableau donné en **annexe 3 page 13**, à rendre avec la copie, en donnant les formules semi-développées ou topologiques de [B] et [C].

1.2. Préciser le rôle du permanganate de potassium lors de la synthèse de [B] et proposer un autre réactif qui aurait pu le remplacer.

1.3. Écrire l'équation de la réaction  $[A] \rightarrow [B]$ , en milieu basique, en faisant intervenir le couple  $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) / \text{MnO}_2 (\text{s})$ .

1.4. Préciser à quel type de réaction correspond l'étape  $[C] \rightarrow [D]$ . Donner le nom de la fonction chimique présente dans [D].

1.5. Dans la dernière étape, deux équivalents de [E] sont introduits.

1.5.1. Donner le nom de [E] selon les règles de la nomenclature systématique (ou IUPAC).

1.5.2. Donner le nom de la nouvelle fonction créée dans [F].

1.5.3. Remplir le tableau donné en **annexe 3 page 13** en donnant la formule semi-développée de [F].

1.5.4. Préciser l'intérêt de passer par l'espèce [D] pour synthétiser [F] alors que le passage direct de [C] à [F] est possible.

1.6. Les données relatives au spectre RMN  $^1\text{H}$  du phtalate synthétisé [F] sont fournies en **annexe 3 page 13**. Valider la structure obtenue pour [F] en complétant le tableau de cette annexe et en rédigeant une courte argumentation.

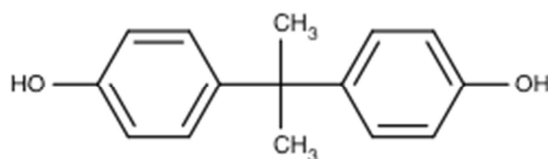
## 2. SYNTHÈSE DU BISPHENOL A (BPA)

Le bisphénol A est utilisé comme monomère pour la fabrication industrielle de polymères de type polycarbonates, employés dans la fabrication de récipients transparents (biberons désormais interdits, lentilles de contact, etc.).

Il est aussi utilisé dans la fabrication de résines époxy qui servent de revêtement intérieur des canettes et boîtes de conserve.

Les papiers thermiques (par exemple les tickets de caisse) sont, quant à eux, recouverts de BPA non polymérisé qui sert de révélateur, en noircissant au chauffage.

Une loi votée en décembre 2012 interdit la fabrication et la commercialisation de biberons contenant des polymères à base de BPA. Cette suspension, qui concerne aussi l'importation, l'exportation et la mise sur le marché, est étendue à l'ensemble des conditionnements à usage alimentaire depuis le 01/01/2015.



Le bisphénol A, dont la formule est donnée ci-dessus, est obtenu par réaction de deux équivalents de phénol avec un équivalent d'acétone (propanone).

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE	Code sujet : 17-CHCHI-P	Session 2017
CHIMIE		Page 7 sur 16



2.1. L'acétone, en milieu acide, donne une espèce intermédiaire électrophile [G] qui réagit rapidement avec le phénol pour conduire à un produit noté [H] dont la formule est donnée dans le tableau en **annexe 4, page 14**.

2.1.1. Donner la structure de l'espèce électrophile [G] en précisant ses différentes formes mésomères et remplir le tableau donné en **annexe 4 page 14**.

2.1.2. Nommer précisément le type de réaction conduisant à la formation de [H] à partir de [G].

2.1.3. Proposer un mécanisme pour cette réaction.

2.2. Le produit [H] ainsi formé réagit en milieu acide et donne une espèce intermédiaire [I] de type carbocation.

2.2.1. Donner le mécanisme de formation de [I] et remplir le tableau donné en **annexe 4, page 14** en donnant la formule semi-développée ou topologique de [I]. Justifier la relative stabilité de [I].

2.2.2. La réaction de [I] avec le phénol donne le bisphénol A. Justifier l'orientation de cette réaction sur le cycle benzénique du phénol.

2.2.3. Écrire l'équation de réaction globale du phénol avec l'acétone conduisant au bisphénol A.

### 3. L'ISOSORBIDE

L'isosorbide est un diol issu des agroressources, non toxique, biodégradable et stable thermiquement.

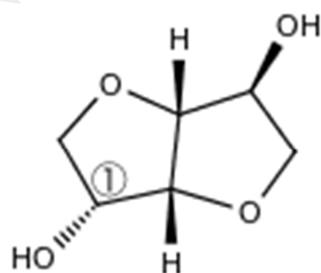
Il peut remplacer le bisphénol A dans la synthèse des polycarbonates.

Les diesters d'isosorbide possèdent d'excellentes propriétés plastifiantes et représentent une nouvelle génération de plastifiants biosourcés pour les PVC flexibles.

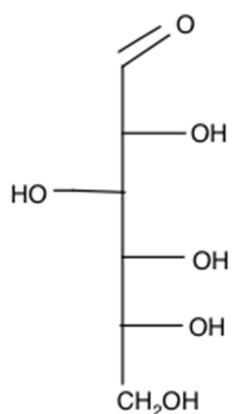
Le développement de ces diesters d'isosorbide a été récompensé par le Prix Pierre Potier 2009 : « Chimie pour un développement durable ». Les diesters d'isosorbide sont ainsi susceptibles d'être utilisés en remplacement des phtalates, époxydes ou phosphates.

L'isosorbide est synthétisé à partir de l'amidon : l'amidon est converti par hydrolyse en D-glucose, qui est transformé en sorbitol. La déshydratation du sorbitol fournit l'isosorbide.

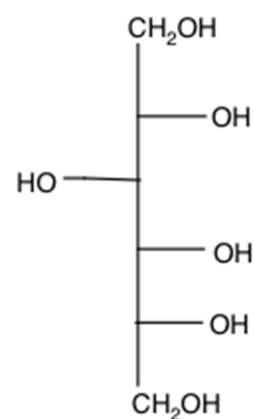
Les formules topologiques utiles sont données ci-dessous :



Isosorbide



D-glucose



Sorbitol

### 3.1. Réactifs intervenant dans la synthèse de l'isosorbide

3.1.1. Le D-glucose est un aldohexose. Donner la signification du mot « aldohexose ».

3.1.2. Préciser combien de stéréoisomères de configuration possède le D-glucose.

3.1.3. Indiquer si, d'après les données de l'énoncé, on peut savoir si le D-glucose est dextrogyre ou lévogyre. Justifier.

3.1.4. Proposer un réactif permettant d'obtenir le sorbitol à partir du D-glucose.

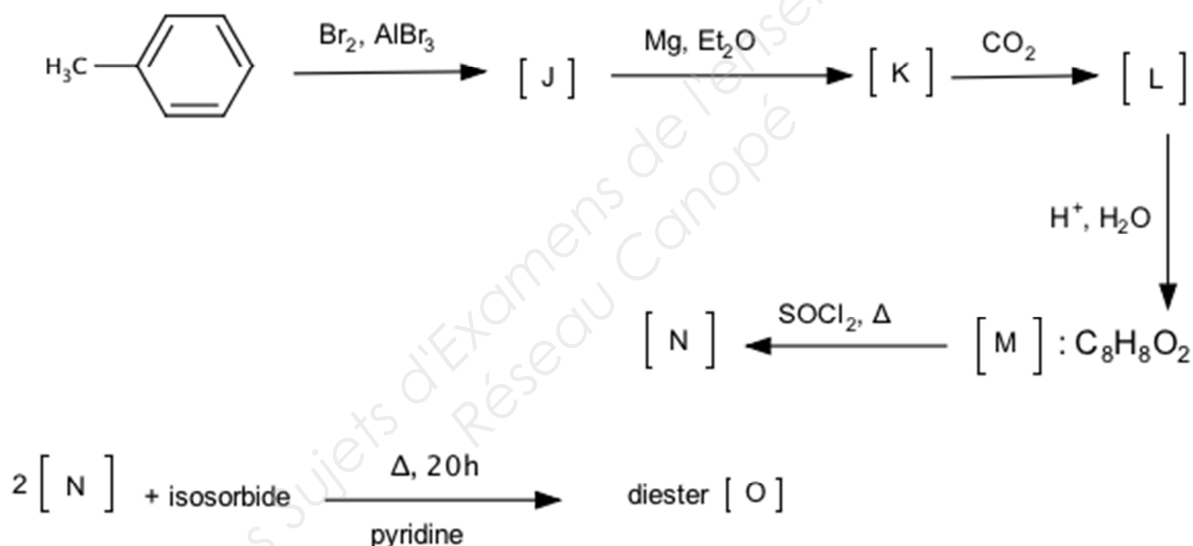
### 3.2. Structure de la molécule d'isosorbide

3.2.1. Indiquer si la molécule d'isosorbide est chirale. Justifier.

3.2.2. Donner la configuration absolue (descripteur stéréochimique) de l'atome de carbone, numéroté ① sur la molécule d'isosorbide représentée ci-avant. Justifier le raisonnement suivi en utilisant éventuellement un schéma.

### 3.3. Formation du diester d'isosorbide

On donne ci-dessous le schéma réactionnel de la synthèse d'un diester de l'isosorbide :



3.3.1. Préciser le rôle du tribromure d'aluminium dans la réaction d'obtention de [J], composé monobromé en *para*. Remplir le tableau donné en **annexe 4, page 14**, en donnant la formule semi-développée de [J].

3.3.2. Dans la réaction [J] → [K], on utilise l'éther diéthylique anhydre comme solvant. Justifier ce choix.

3.3.3. Remplir le tableau donné en **annexe 4, page 14**, en donnant les formules semi-développées de [K], [L] et [M].

3.3.4. Donner le mécanisme de la réaction [K] → [L].

3.3.5. Donner l'équation de la réaction [M] → [N]. Remplir le tableau donné en **annexe 4 page 14**, en donnant la formule semi-développée de [N].

**3.3.6.** Donner la formule semi-développée de [O]. Remplir le tableau donné en **annexe 4 page 14** en précisant sa stéréochimie sans indiquer la configuration des atomes de carbone asymétriques.

#### **3.4.** Structure de l'isosorbide et chimie verte

**3.4.1.** Expliquer pourquoi, d'après sa structure, l'isosorbide peut remplacer le bisphénol A dans la synthèse des polycarbonates.

**3.4.2.** Expliquer enfin pourquoi, d'un point de vue structural, les diesters d'isosorbide sont susceptibles d'être utilisés en remplacement des phtalates.

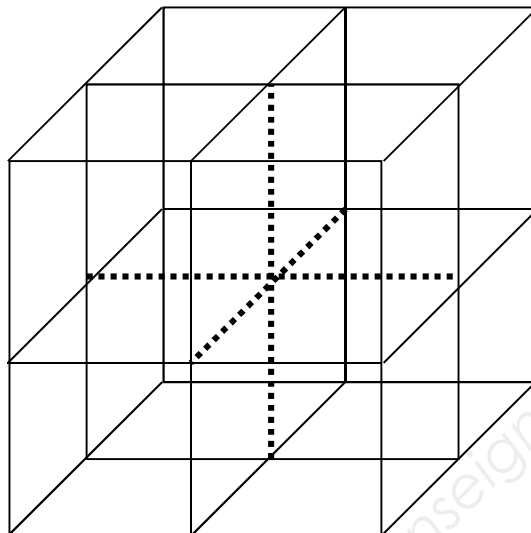
**3.4.3.** D'après les informations fournies dans ce sujet, indiquer à quel principe de la chimie verte l'utilisation de l'isosorbide répond plus particulièrement. Justifier.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement Professionnel  
Réseau Canopé

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE	Code sujet : 17-CHCHI-P	Session 2017
CHIMIE		Page 10 sur 16

## ANNEXE 1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

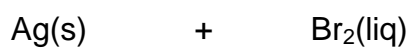
### Maille élémentaire du bromure d'argent



### Cycle de Born – Haber – Énergie réticulaire du bromure d'argent

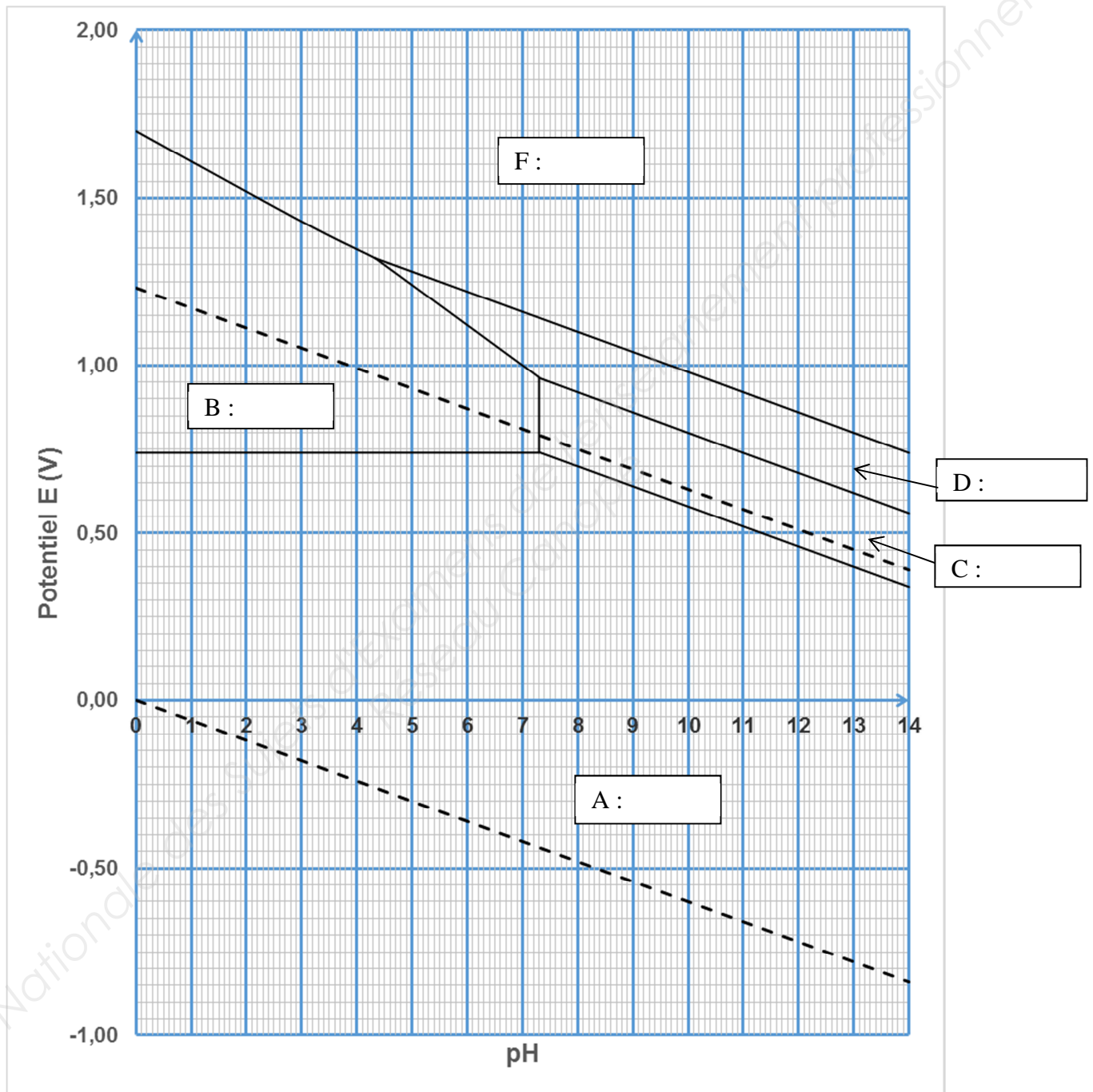


États standard  
de référence :



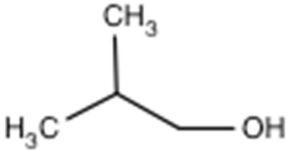
ANNEXE 2 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Diagramme  $E - pH$  de l'argent ( $C_0 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ ) en trait plein  
 Diagramme  $E - pH$  de l'eau ( $P_{\text{gaz}} = 1 \text{ bar}$ ) en pointillés



## ANNEXE 3 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

### 1. SYNTHÈSE ET CARACTÉRISATION D'UN PHTALATE

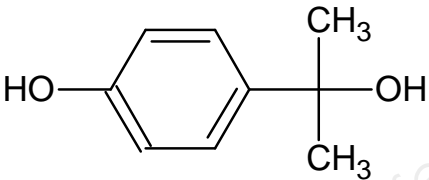
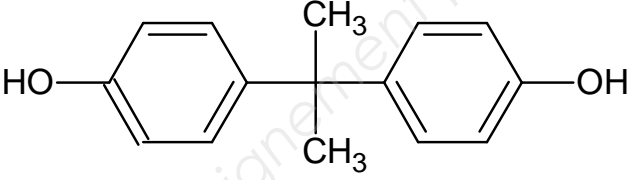
[B]	[C]
[E]  <div style="text-align: center;">  </div>	[F]

#### DONNÉES DU SPECTRE RMN <sup>1</sup>H DE [F]

δ / ppm	Intégration (nombre de protons)	Multiplicité du signal	Nombre de protons voisins (si possible)	Type de proton présents dans [F]
7,5	4	Multiplet		
4,0	4	Doublet		
2,0	2	Multiplet		
0,9	12	Doublet		

## ANNEXE 4 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

### 2. SYNTHÈSE DU BISPHÉNOL A (BPA)

[G]	[H]  A central carbon atom is bonded to two methyl groups (CH <sub>3</sub> ) and two 4-hydroxyphenyl groups. Each 4-hydroxyphenyl group consists of a benzene ring with a hydroxyl group (HO-) at the para position relative to the attachment point.
[I]	BPA  The structure shows two 4-hydroxyphenyl groups connected to a central carbon atom. The central carbon atom is also bonded to two methyl groups (CH <sub>3</sub> ). Each 4-hydroxyphenyl group consists of a benzene ring with a hydroxyl group (HO-) at the para position relative to the attachment point.

### 3. ESTÉRIFICATION DE L'ISOSORBIDE

[J]	[K]
[L]	[M] : C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
[N]	[O]

## ANNEXE 5 - SPECTROSCOPIE DE RMN DU PROTON

**Domaines de déplacements chimiques des protons des groupes M (méthyle CH<sub>3</sub>, méthylène CH<sub>2</sub> et méthyne CH) en α ou en β de groupes caractéristiques.**

type de proton	δ/ ppm	type de proton	δ/ ppm
CH <sub>3</sub> -SiR <sub>3</sub>	0,0-1,0		
M-CH <sub>2</sub> R	0,8-1,6	M-C-CH <sub>2</sub> R	0,9-1,6
M-C=C	1,6-2,0	M-C-C=C	1,0-1,8
M-C≡C	1,7-2,8	M-C-C≡C	1,2-1,8
M-Ph	2,2-2,8	M-C-Ph	1,1-1,8
M-F	4,2-4,8	M-C-F	1,5-2,2
M-Cl	3,0-4,0	M-C-Cl	1,5-2,0
M-Br	3,4-4,1	M-C-Br	1,8-1,9
M-I	3,1-4,2	M-C-I	1,7-2,1
M-OH et M-OR	3,2-3,6	M-C-OH et M-C-OR	1,2-1,8
M-OPh	3,8-4,6	M-C-OPh	1,3-2,0
M-O-CO-R	3,6-5,0	M-C-O-CO-R	1,3-1,8
M-O-CO-Ph	3,8-5,0	M-C-O-CO-Ph	1,6-2,0
M-CHO et M-CO-R	2,1-2,6	M-C-CHO	1,1-1,7
M-CO-Ph	3,8-5,0	M-C-CO-R	1,1-1,8
M-CO-OH et M-CO-OR	1,8-2,6	M-C-CO-Ph	1,1-1,9
M-CO-NR <sub>2</sub>	1,8-2,2	M-C-CO-OR	1,1-1,9
M-C≡N	2,2-3,0	M-C-CO-NR <sub>2</sub>	1,1-1,8
M-NH <sub>2</sub> et M-NR <sub>2</sub>	2,2-3,0	M-C-C≡N	1,2-2,0
M-N <sup>+</sup> R <sub>3</sub>	3,0-3,6	M-C-N <sup>+</sup> R <sub>3</sub>	1,4-2,0
M-NH-CO-R	3,0-3,8	M-C-NH-CO-R	1,1-1,9
M-NO <sub>2</sub>	4,1-4,4	M-C-NO <sub>2</sub>	1,6-2,5
M-SH et M-SR	2,1-5,1	M-C-SH et M-C-SR	1,3-1,9

### Domaines de déplacements chimiques de divers protons

type de proton	δ/ ppm	type de proton	δ/ ppm
>C(cycle)=CH <sub>2</sub>	4,6	-CO-OH	8,5-13
>C=CH <sub>2</sub>	5,3	>C=C-OH	11-17
-C=CH-	5,1	PhH	7,2
-C=CH- (cyclique)	5,3	R-OH	0,5-5,5
R-C≡C-H	3,1	Ar-OH	4,0-7,5
Ar-H	7,0-9,0	Ar-OH (avec liaison H intramoléculaire)	5,5-12,5
>C=CH-CO-	5,9	R-NH-	0,5-3,0
-CH=C-CO-	6,8	Ar-NH	3,0-5,0
R-CHO	9,9	R-CO-NH-	5,0-8,5
Ar-CHO	9,9	CHCl <sub>3</sub>	7,2
H-CO-O-	8,0	H <sub>2</sub> O	≈5,0
H-CO-N<	8,0		



## ANNEXE 6 - LES DOUZE PRINCIPES DE LA CHIMIE VERTE

Paul T. Anastas et John C. Warner ont publié, en 1998, dans un livre ( *Green chemistry : Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998, p. 30*) douze principes nécessaires à l'établissement d'une chimie durable :

- 1. Prévention** : limiter la pollution à la source plutôt que devoir éliminer les déchets.
- 2. Économie d'atomes** : optimiser l'incorporation des réactifs dans le produit final.
- 3. Conception de synthèses chimiques moins dangereuses** qui utilisent et conduisent à des produits peu ou pas toxiques.
- 4. Conception de produits chimiques plus sûrs** : efficaces et moins toxiques.
- 5. Réduction de l'utilisation de solvants** et d'auxiliaires.
- 6. Réduction de la dépense énergétique.**
- 7. Utilisation de matières premières renouvelables** au lieu de matières fossiles.
- 8. Réduction des produits dérivés** qui peuvent notamment générer des déchets.
- 9. Utilisation de la catalyse.**
- 10. Conception des substances en intégrant leur mode de dégradation finale.**
- 11. Mise au point de méthodes d'analyse** en temps réel pour prévenir la pollution.
- 12. Développement d'une chimie sécuritaire** pour prévenir les accidents, les explosions, les incendies et les rejets.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE	Code sujet : 17-CHCHI-P	Session 2017
CHIMIE		Page 16 sur 16