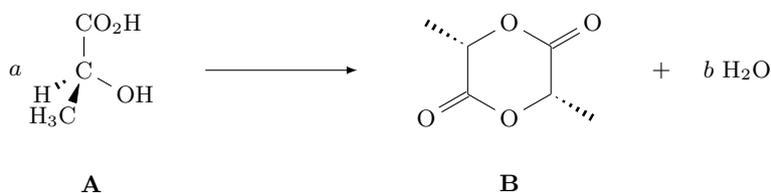


Devoir en temps libre n° 1

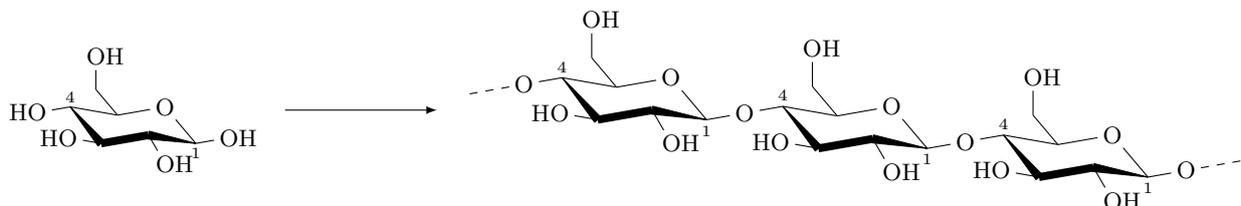
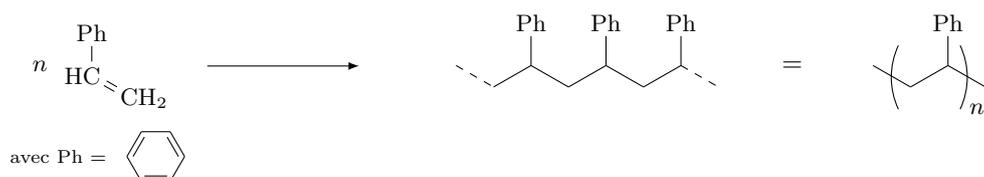
Le polylactide, un polymère biosourcé

L'acide lactique **A** est issu de la fermentation de sucres naturels en milieu aqueux. Il donne le lactide **B**, selon la réaction suivante :



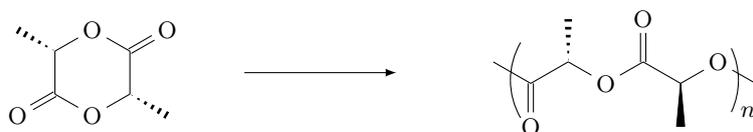
1. Quels sont les groupes fonctionnels présents dans l'acide lactique **A** ? dans le lactide **B** ?
2. Déterminer les coefficients stœchiométriques a et b dans l'équation-bilan précédente.

Les polymères sont formés par l'association de petites molécules (les monomères). Ils peuvent être vus comme un enchainement d'unités élémentaires (les motifs). Le polystyrène est un exemple de polymère de synthèse formé par réaction entre elles de molécules de styrène. La cellulose est un polymère naturel.



3. Identifier le motif du polystyrène et celui de la cellulose.
4. Par quelle type de liaison les motifs de la cellulose sont-ils liés entre eux ?
5. Identifier la nature du monomère de la cellulose : famille à laquelle il appartient, éventuellement son nom.

Le lactide **B**, en présence d'un catalyseur approprié, polymérise pour donner le poly-L-lactide ou acide poly-L-lactique (PLA).



6. Avec les procédés actuels, on parvient à synthétiser des chaînes de polylactide de masse molaire moyenne pouvant aller jusqu'à $160\,000 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Évaluer le nombre de motifs n d'une telle chaîne.

Le polylactide est un polymère biosourcé et biodégradable en quelques mois. Pour les usages agroalimentaires, il constitue une alternative sérieuse à l'utilisation du polystyrène, qui est issu de l'industrie pétrolière et est très faiblement biodégradable. Le polystyrène est le constituant principal des emballages « plastiques » à usage alimentaire : barquettes ou pots de produits frais (charcuterie, fromage, viande, crème, yaourt...), vaisselle jetable, gobelets pour les boissons à emporter, etc.

À basse température, les polymères sont sous forme solide. Certains polymères, lors d'une augmentation de température, présentent deux températures caractéristiques :

- la température de transition vitreuse T_g , au-dessus de laquelle le polymère reste solide mais devient mou,
- la température de fusion T_f (avec $T_f > T_g$ dans tous les cas), au-dessus de laquelle le polymère devient liquide.

	T_g (°C)	T_f (°C)
polystyrène	95	250
polylactide	≈ 60	175

7. Discuter de la possibilité de remplacer le polystyrène par l'acide polylactique dans ses applications alimentaires.

élément	H	C	N	O
masse molaire M ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)	1,0	12,0	14,0	16,0

Devoir en temps libre n° 1

éléments de correction

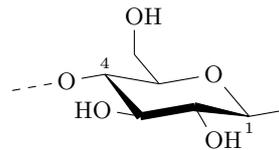
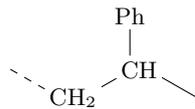
Le polylactide, un polymère biosourcé

1. L'acide lactique comporte un groupe carboxyle (groupe fonctionnel acide carboxylique) et un groupe hydroxyle (groupe fonctionnel alcool). Il s'agit de l'acide 2-hydroxypropanoïque.
2. La formule moléculaire de l'acide lactique est $C_3H_6O_3$ et celle du lactide est $C_6H_8O_4$; l'équation-bilan s'écrit alors :



La conservation de l'élément carbone conduit immédiatement à $a = 2$; la conservation de l'élément oxygène s'écrit d'autre part : $3a = 4 + b$ soit $b = 3a - 4 = 6 - 4 = 2$. On vérifie sans peine que la conservation de l'élément hydrogène est bien assurée.

3. Le motif est la partie de la molécule qui se répète pour former la chaîne du polymère; ce n'est donc pas la même chose que le monomère. Il est important de bien préciser les atomes dont le motif est formé. Pour le polystyrène et la cellulose, les motifs sont les suivants.



4. Les motifs de la cellulose sont reliés entre eux par des liaisons osidiques, ce qui correspond à un groupe fonctionnel acétal.
5. Dans le cas de la cellulose, le monomère est le β -glucopyranose.
6. Le motif du polylactide a pour formule moléculaire $C_6H_8O_4$, dont la masse molaire vaut : $6 \times 12 + 8 \times 1 + 4 \times 16 = 144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Le nombre de motifs d'une chaîne de $160\,000 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ est donc de l'ordre de $160\,000/144 \approx 1100$ motifs. Ce n'est évidemment qu'un nombre moyen, certaines chaînes étant plus longues et d'autres plus courtes.
7. Le polystyrène ne commence à ramollir qu'au-delà de $T_g \approx 95^\circ\text{C}$ environ, alors que les différents polylactides deviennent mous à partir de $T_g \approx 50 - 60^\circ\text{C}$. Pour des applications alimentaires à froid (emballage de produits conservés au frais tels les charcuteries, le fromage, le poisson) ou les assiettes jetables pour faire un pique-nique, le polystyrène est remplaçable par le polylactide. En revanche, pour des emballages de produits à réchauffer (soupes, plats préparés) ou des gobelets de boissons chaudes, le polylactide est clairement inadapté.