EXERCICE I – SYNTHÈSE VERTE DU PHÉNOL (5 points)

Le phénol (C_6H_5OH) est un composé d'une grande importance en chimie organique industrielle car il est l'un des intermédiaires de nombreuses réactions comme celle de la synthèse de l'aspirine.
Nous allons nous intéresser dans cet exercice à la synthèse du phénol en comparant deux procédés du point de vue de la chimie verte.

Données :

➢

Atome	Carbone	Oxygène	Hydrogène
Masse molaire atomique M ($g.mol^{-1}$)	12,0	16,0	1,0

➢

	Pictogrammes de sécurité	Production, utilisation
Propanone		Produit de synthèse très utilisé comme solvant organique.
Propène		Obtenu par transformation de produits pétroliers, le propène est une matière première essentielle de l'industrie chimique.

Document 1. Les12 principes fondamentaux de la chimie verte



Document 2. L'économie d'atomes

L'efficacité d'un procédé est traditionnellement mesurée par le rendement chimique, sans tenir compte de la quantité de sous-produits formés. Dans une optique de réduction de la pollution à la source, la chimie verte propose une évolution du concept d'efficacité qui prend en compte la minimisation de la quantité de déchets.
On utilise comme indicateur de l'efficacité d'un procédé son économie d'atomes (ou utilisation atomique).
L'Économie d'Atomes (*EA*) d'une synthèse est définie comme le rapport de la somme des masses molaires du (ou des) produit(s) recherché(s) sur la somme des masses molaires de tous les réactifs en tenant compte des coefficients stœchiométriques :

$$EA = \frac{\Sigma a_i M_i(produits\ désirés)}{\Sigma b_i M_i(réactifs\ utilisés)} = \frac{a_1 M_1(produit\ 1) + a_2 M_2(produit\ 2) + \ldots}{b_1 M_1(réactif\ 1) + b_2 M_2(réactif\ 2) + \ldots}$$

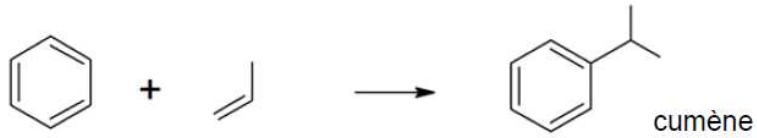
avec a_i et b_i les coefficients stœchiométriques et M_i les masses molaires des espèces chimiques.
Par ailleurs, il est capital de remarquer qu'un procédé vert n'est pas seulement un procédé moins polluant, il permet également au fabricant de réduire ses dépenses.

D'après le site internet : http://culturesciences.chimie.ens.fr

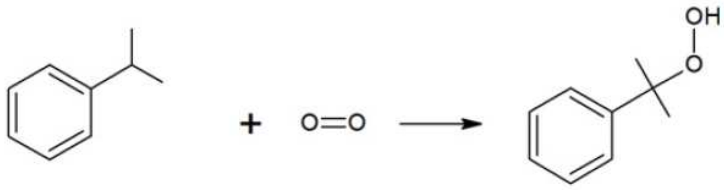
Document 3. Deux procédés de synthèse du phénol

Procédé N°1 dit procédé au cumène :
Ce procédé en 3 étapes fut découvert en 1944 par les chimistes Hock et Lang et est à l'heure actuelle le plus utilisé puisqu'il est à l'origine de plus de 85% de la production mondiale de phénol.

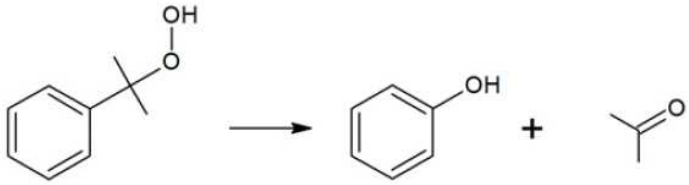
Étape1 : réalisée à une température de 190 °C, sous une pression de 34 bar, en présence d'un catalyseur acide.



Étape 2 : réalisée à une température d'environ 110°C, sous une pression de 5 à 10 bar, en milieu basique.

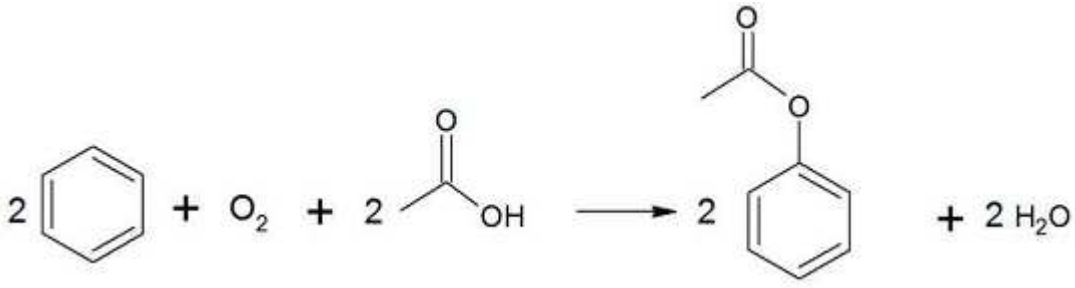


Étape 3 : réalisée à 50°C en milieu légèrement acide.

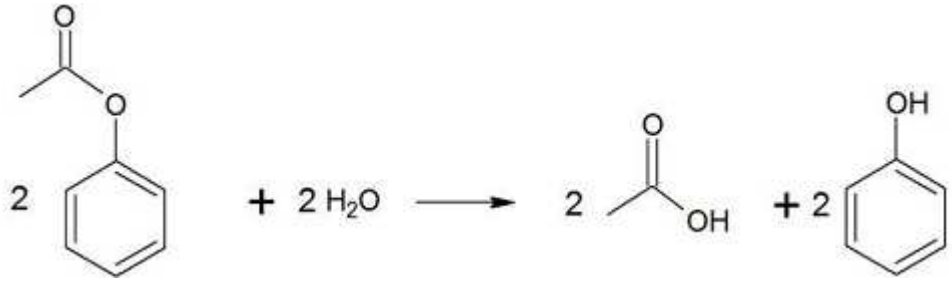


Procédé N°2 :
Ce second procédé en deux étapes est notamment utilisé par la firme Mitsubishi Chemical.

Étape 1 : Acétoxylation du benzène en présence d'air et d'acide éthanoïque, étape catalysée par du palladium et réalisée à environ 200 °C.



Étape 2 : Hydrolyse du produit obtenu réalisée à 600 °C



D'après : Procédés de pétrochimie : les grands intermédiaires oxygénés, chlorés et nitrés A.Cauvel, G.Lefebvre et L.Castex et le site : http://www.greener-industry.org.uk

1. Quelle valeur maximale l'économie d'atomes *EA* peut-elle atteindre ? Justifier simplement.

2. Écrire l'équation de la réaction qui modélise la synthèse du phénol pour chacun de ces deux procédés.

3. Calculer la valeur de l'économie d'atomes dans le cas de la mise en œuvre du procédé n°1. On considère que la seule espèce chimique désirée est le phénol.

4. D'après les données fournies, indiquer en le justifiant précisément le procédé qui vous paraît le plus performant dans le cadre du respect des principes de la chimie verte. De quelles autres informations faudrait-il disposer afin de compléter la réponse ?