



THÈME: CHIMIE ORGANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ACIDES CARBOXYLIQUES ET DÉRIVÉS

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de Terminale C au Lycée Municipal de Williamsville a appris que le vinaigre contient un acide carboxylique et que les acides carboxyliques sont des intermédiaires importants pour la synthèse de beaucoup de produits.

En classe, il partage cette information avec ses camarades. Ensemble ils décident sous la supervision de leur professeur de nommer les acides carboxyliques et leurs dérivés et d'écrire les équations de passage des acides carboxyliques à leurs dérivés.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. LES ACIDES CARBOXYLIQUES

1.1 Définitions

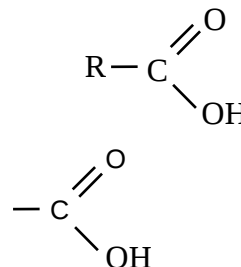
Les acides carboxyliques sont des composés organiques oxygénés de **formule générale**

où R est un atome d'hydrogène H ou un groupe alkyle ou aryle.

Le **groupement fonctionnel** des acides carboxyliques est

Il est appelé **groupement carboxyle**.

La **formule générale brute** des monoacides carboxyliques est : $C_nH_{2n}O_2$.



1.2 Nomenclature

Le nom d'un acide carboxylique s'obtient en faisant suivre le mot « *acide* » du nom de l'hydrocarbure correspondant à la chaîne principale où le « e » final est remplacé par la terminaison « *oïque* ».

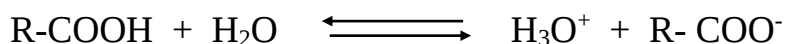
Exemples d'acides carboxyliques

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ acide propanoïque

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ acide butanoïque

1.3 Propriétés chimiques

Les acides carboxyliques sont des acides faibles.



La réaction d'un acide carboxylique avec l'eau est réversible. La dissociation est donc partielle.

Activité d'application

1. Nomme les acides carboxyliques suivants :

- a) H-COOH b) HOOC-CH_3

2. L'acide méthanoïque dans l'eau est:

- totalement dissocié ;
- partiellement dissocié ;
- Insoluble.

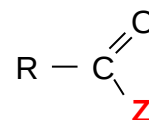
Recopie la bonne réponse.

Solution

- Acide méthanoïque
 - Acide éthanoïque
- (b) : L'acide méthanoïque dans l'eau est partiellement dissocié.

2. LES DÉRIVÉS DES ACIDES CARBOXYLIQUES

La formule générale des dérivés des acides carboxyliques est de la forme :



2.1 Fonctions dérivées des acides carboxyliques

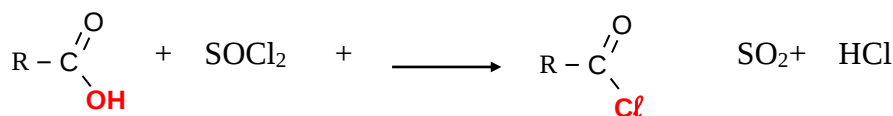
Fonction	chlorure d'acyle	anhydride d'acide	ester	amide
Nature de (Z)	Cl	COO-R'	O-R'	NH_2
Formule générale structurale	$\text{R} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl} \end{array}$	$\text{R} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \\ \mid \\ \text{R}' - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \end{array}$	$\text{R} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} - \text{R}' \end{array}$	$\text{R} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NH}_2 \end{array}$

2.2 Passage d'un acide carboxylique à son dérivé

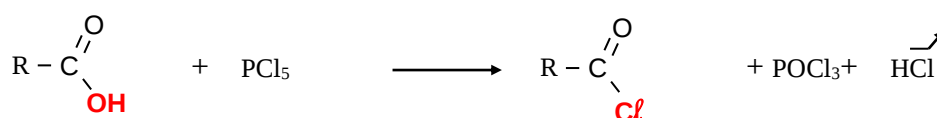
2.2.1 Les chlorures d'acyle ou chlorures d'acide

a) Obtention

- Avec le chlorure de thionyle SOCl_2 :



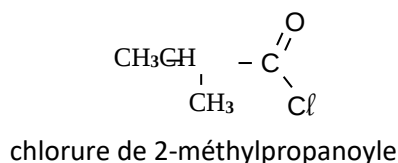
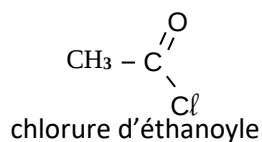
- Avec le pentachlorure de phosphore (PCl_5) :



b) Nomenclature

Le nom d'un chlorure d'acyle est obtenu à partir de celui de l'acide carboxylique correspondant en remplaçant « acide » par « chlorure de » et la terminaison « oïque » par « oyle ».

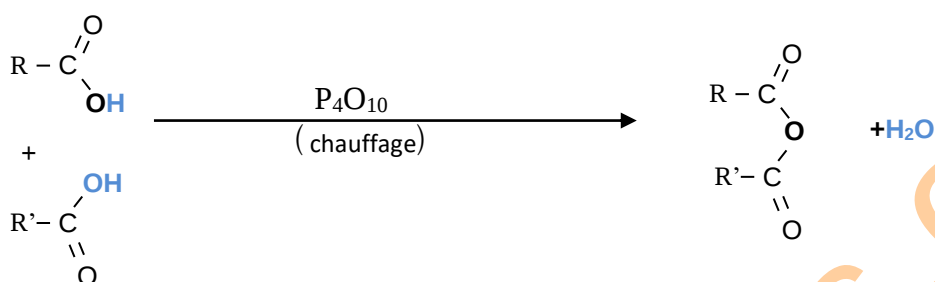
Exemples



2.2.2 Les anhydrides d'acide

a) Obtention

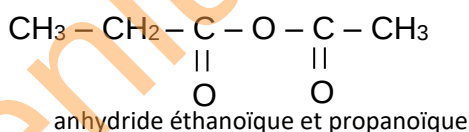
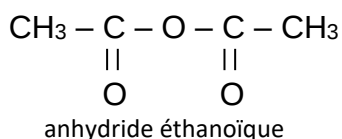
Un anhydride d'acide résulte de l'élimination d'une molécule d'eau entre deux molécules d'acides carboxyliques. Cette déshydratation se fait par simple chauffage et en présence d'un déshydratant énergétique comme le décaoxyde de tétraphosphore (P_4O_{10}).



b) Nomenclature

Le nom d'un anhydride d'acide s'obtient en remplaçant dans celui de l'acide, le mot « acide » par le mot « anhydride ».

Exemples :



2.2.3 Les amides

a) Obtention

Ils peuvent s'obtenir :

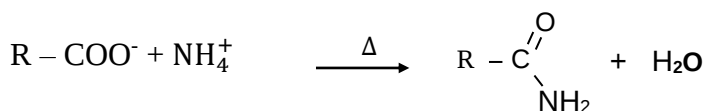
- À partir d'un acide carboxylique et de l'ammoniac

La réaction se déroule en deux étapes et on obtient un amide non substitué.

1^{ère} étape : C'est une simple réaction acide-base qui aboutit à la formation d'un carboxylate d'ammonium.

L'équation-bilan est : $\text{R} - \text{COOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{R} - \text{COO}^- + \text{NH}_4^+$

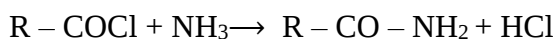
2^e étape : Déshydratation du carboxylate d'ammonium par chauffage :



- A partir d'un chlorure d'acyle et de l'ammoniac

La réaction est rapide, totale et se déroule en une seule étape.

Les équations – bilans s'écrivent :

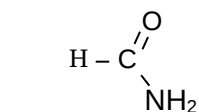


Remarque : Avec les amines primaires et secondaires, on obtient des amides secondaires et tertiaires respectivement.

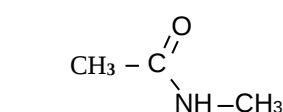
b) Nomenclature

Le nom d'un amide s'obtient en remplaçant le « e » final du nom de l'hydrocarbure correspondant par « **amide** » et précédé de la lettre N avant le nom de chaque substituant de l'atome d'azote.

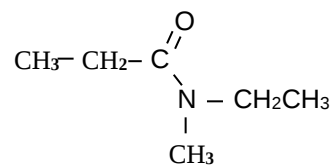
Exemples :



Méthanamide
(Amide primaire)



N - méthyléthanamide
(Amide secondaire)



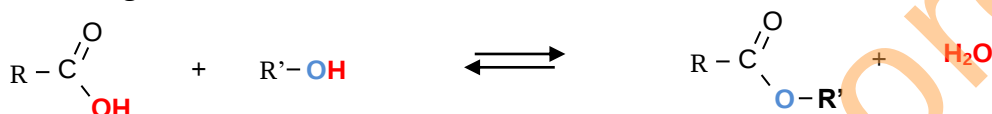
N - éthyl - N - méthylpropanamide
(Amide tertiaire)

2.2.4 Les esters

a) Les réactions d'estérification

▪ Estérification directe

C'est la réaction entre un acide carboxylique et un alcool. Cette réaction est lente, athermique, réversible et limitée. Son équation bilan générale s'écrit :

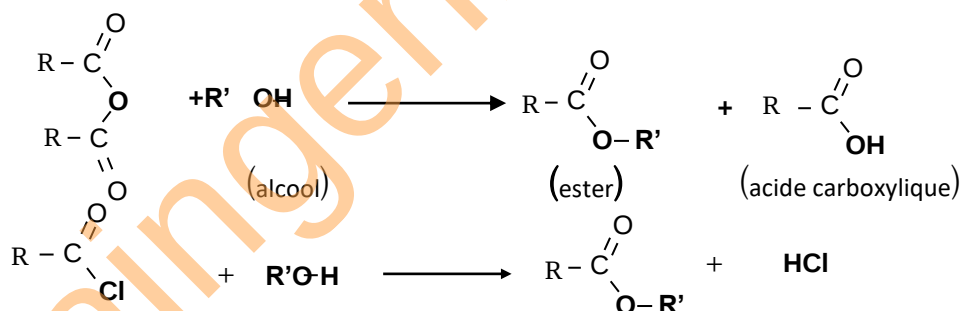


La réaction inverse de l'estérification directe est appelée **hydrolyse d'un ester**. Elle possède les mêmes caractéristiques que l'estérification directe.

▪ Estérification indirecte

C'est la réaction entre un dérivé d'acide (chlorure d'acyle ou anhydride d'acide) et un alcool. Cette réaction est totale, rapide et exothermique.

Cas des anhydrides :



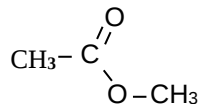
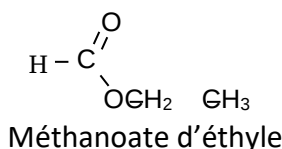
Cas des chlorures d'acyle :

b) Nomenclature

Le nom d'un ester s'obtient à partir de celui de l'acide carboxylique correspondant, en :

- supprimant le mot "acide"
- remplaçant le suffixe "oïque" par "oate",
- ajoutant la préposition « de » ou « d' » suivi du nom du groupe alkyle lié à l'atome d'oxygène.

Exemples



Éthanoate de méthyle

Activité d'application 2

Complète le tableau suivant relatif aux acides carboxyliques et leurs dérivés.

Fonction	Groupe caractéristique	Exemple	
		Formule semi-développée	Nom

		$\text{C}_2\text{H}_5-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{matrix}$	
			Acide benzoïque
	$-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl} \end{matrix}$		
			Anhydride méthanoïque

Résolution

Fonction	Groupe caractéristique	Exemple	
		Formule semi-développée	Nom
Ester	$-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}- \end{matrix}$	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{matrix}$	Propanoate d'éthyle
Acide carboxylique	$-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix}$	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix}$	Acide benzoïque
Chlorure d'acyle	$-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl} \end{matrix}$	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}_2}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl} \end{matrix}$	Chlorure de 2-méthylpropanoyle
Anhydride d'acide	$-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \end{matrix}-\text{O}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \end{matrix}-$	$\text{H}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \end{matrix}-\text{O}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \end{matrix}-\text{H}$	Anhydride méthanoïque

SITUATION D'ÉVALUATION

Un ester saturé E de formule chimique $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ contient en masse %O = 31,37% d'oxygène. Lors d'une séance de Travaux Dirigés, ta classe est amenée à étudier cet ester.

L'hydrolyse de l'ester E conduit à la formation de deux composés organiques A et B. L'étude des composés A et B permet de préciser la structure de E.

Étude du composé organique A

Le composé A est soluble dans l'eau. Sa solution aqueuse conduit le courant électrique. L'ajout de quelques gouttes de bleu de bromothymol (B.B.T) dans la solution aqueuse du composé A donne une coloration jaune. A renferme deux atomes de carbone.

Étude du composé organique B

Le composé B subit une oxydation ménagée pour donner un produit organique D qui donne un précipité jaune avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine (D.N.P.H), mais ne réagit pas avec la liqueur de Fehling.

Le composé B peut être obtenu par hydratation d'un alcène C. La formule semi développée de l'alcène C est : $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$

Données : Masses molaires atomiques : $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$;
 $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Vérifie que l'ester E a pour formule brute : $C_5H_{10}O_2$.

2.

2.1. Étude du composé A

2.1.1. Donne la fonction chimique du composé A.

2.1.2. Donne la formule semi développée et le nom du composé A.

2.2. Étude du composé organique B

2.2.1. Donne les fonctions chimiques des composés B et D.

2.2.2. Donne :

a) le nom de l'alcène C ;

b) la formule semi développée et le nom du composé B ;

c) la formule semi développée et le nom du composé D.

3. Synthèse de l'ester E.

Soit F le chlorure d'acyle dérivant de l'acide éthanoïque.

3.1. Écris la formule semi développée de F.

3.2. L'ester E peut s'obtenir de différentes manières :



3.2.1. Écris les équations-bilans des réactions (1) et (2) en utilisant les formules semi développées des composés A, B et F.

3.2.2. Précise les différences importantes entre les réactions (1) et (2).

3.2.3. Donne la formule semi développée et le nom de E.

Résolution

1. Vérifions que l'ester E a pour formule brute : $C_5H_{10}O_2$.

$$\frac{M}{100\%} = \frac{32}{31,37\%} \rightarrow M = \frac{32 \times 100}{31,37} = 102 \text{ g/mol}$$

$$\text{Or } M = 14n + 32 \text{ donc } n = \frac{102 - 32}{14} = 5$$

D'où E : $C_5H_{10}O_2$

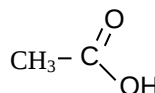
2.

2.1. Étude du composé organique A

2.1.1. A est un acide carboxylique.

2.1.2. Formule semi-développée de A :

Nom : acide éthanoïque



2.2. Étude du composé organique B

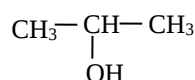
2.2.1. B est un alcool (secondaire).

D est une cétone.

2.2.2.

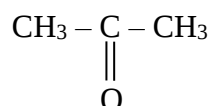
d) C : propène

e) Formule semi développée de B :



Nom: propan-2-ol

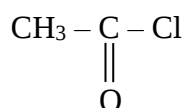
f) Formule semi développée de D :



Nom: propanone

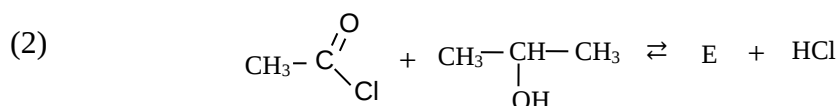
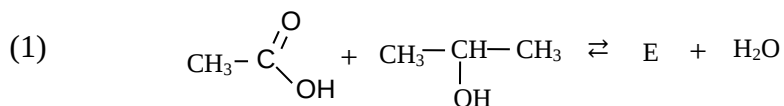
3. Synthèse de l'ester E.

3.1. Formule semi développée de F :



3.2.

3.2.1 Les équations bilans :

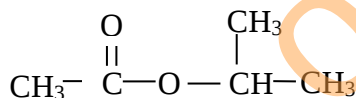


3.2.2 Les différences importantes entre les réactions (1) et (2) sont :

(1) est lente limitée et athermique.

(2) est rapide totale et exothermique.

3.2.3 La formule semi développée de E est :



Nom: éthanoate de méthyl-éthyle ou d'isopropyle

III. EXERCICES

Exercice 1

Complète le tableau ci-dessous :

Nom	Fonction chimique	Formule semi développée	Groupe fonctionnel
acide chloroéthanoïque			
		$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COCl}$	
anhydride 2-méthylpropanoïque			
		$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CONH-C}_2\text{H}_5$	
méthanoate de 1-méthyléthyle			
		$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5) - \text{COOH}$	

Solution :

Nom	Fonction chimique	Formule semi développée	Groupe fonctionnel
acide chloroéthanoïque	Acide carboxylique	ClCH_2COOH	$-\text{COOH}$
		$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COCl}$	
anhydride 2-méthylpropanoïque	Anhydride d'acide	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CO-O-CO}(\text{CH}_3)\text{CHCH}_3$	$-\text{CO-O-OC-}$
N-ethylpropanamide	Amide	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CONH-C}_2\text{H}_5$	$-\text{CO-N-}$
méthanoate de 1-méthyléthyle	Ester	$\text{HCOO-CH}(\text{CH}_3)_2$	$-\text{COO-}$
Acide 2-ethylpropanoïque	acide carboxylique	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5) - \text{COOH}$	$-\text{COOH}$

Exercice 2

Tu fais réagir du chlorure de thionyle sur une masse $m = 3\text{ g}$ d'acide éthanóique, tu obtiens un composé organique B.

$M_C = 12\text{ g.mol}^{-1}$, $M_H = 1\text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16\text{ g.mol}^{-1}$, $M_{Cl} = 35,5\text{ g.mol}^{-1}$, $V_M = 24\text{ L.mol}^{-1}$

1.

1.1. Donne la fonction chimique et le groupe fonctionnel du composé B.

1.2. Donne la formule semi-développée et le nom du composé B ;

2.

2.1. Écris l'équation-bilan de la réaction conduisant à la formation du composé B.

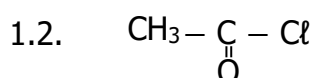
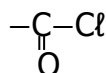
2.2. Calcule le volume du chlorure d'hydrogène qui se dégage.

Solution

1.

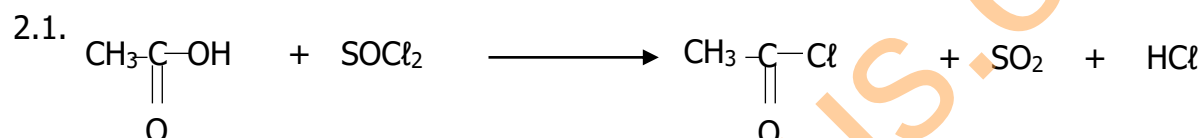
1.1. Fonction chimique : chlorure d'acyle ou d'acide

Groupe fonctionnel :



Chlorure d'éthanóyle

2.



2.2. Volume du chlorure d'hydrogène dégagé

$$\frac{V_0}{V_m} = \frac{mA}{MA} \quad V_0 = 1,2 \text{ L}$$

Exercice 3

Un ester E de masse molaire $M = 116\text{ g.mol}^{-1}$, est obtenu à partir d'un alcool secondaire A de formule brute $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ et d'un acide carboxylique B de formule $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$.

Données : $M_C = 12\text{ g.mol}^{-1}$, $M_H = 1\text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16\text{ g.mol}^{-1}$

1. Donne la formule semi-développée et le nom de l'alcool A.

2.

2.1. Écris l'équation-bilan de la réaction entre l'alcool A et l'acide carboxylique B ;

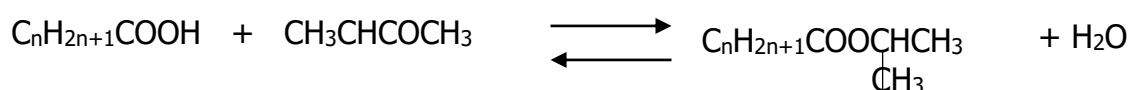
2.2. Détermine la formule semi-développée et nom de B.

Solution:

1. $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$: propan-2-ol

2.

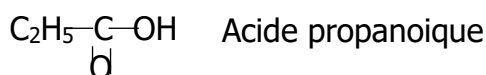
2.1.



2.2. $M_E = 14n + 87 = 116$

$n = 2$ atomes de carbones

Sa formule semi-développée est :



Exercice 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe souhaite déterminer la formule semi-développée et le nom d'un ester F et d'un alcool A. Sous la supervision de votre professeur de Physique-chimie, ton groupe fait réagir 20g d'un composé D (Chlorure de propanoyle) sur un alcool A (R-OH) pour obtenir 20,4 g d'un composé organique F. Pour information le rendement de la réaction est 92,5%.

Données : $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Cl} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Tu es sollicité pour faire la rédaction du compte rendu.

1. Donne la fonction chimique, la formule semi-développée du composé D.

2.

2.1. Écris l'équation-bilan de la réaction ;

2.2. Nomme la réaction puis donne ses caractéristiques.

3. Détermine :

3.1. la masse molaire du composé F ;

3.2. la formule semi-développée et le nom de F.

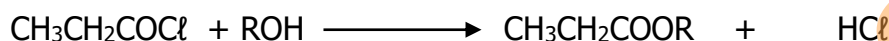
4. Détermine la formule semi-développée et le nom de l'alcool A.

Solution :

1. Fonction chimique : chlorure d'acyle. Formule semi-développée : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCl}$

2.

2.1.



2.2. Nom de la réaction : estérification indirecte

Caractéristiques : rapide, totale et exothermique

3.

3.1.
$$r = \frac{m_F}{M_F} ;$$

3.2.
$$r = \frac{m_D}{M_D} \quad M_F = \frac{m_F}{r} \cdot \frac{M_D}{m_D} \quad \text{d'où } M_F = 102 \text{ g.mol}^{-1}$$

Ainsi on obtient $n = 2$ atomes de carbone, on a la formule semi-développée suivante :

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ Propanoate d'éthyle

4. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$: éthanol

Exercice 5

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe de travail désire déterminer la formule semi-développée d'un composé D, puis de l'utiliser sous la supervision de leur professeur de physique-chimie pour obtenir les dérivés d'acides carboxyliques. Pour cela, le groupe réalise une série d'expérience :

Expérience 1 : L'oxydation ménagée d'un alcool primaire A de formule $\text{R}-\text{CH}_2\text{OH}$ et non ramifiée, donne un composé organique B, qui rosit le réactif de Schiff et B à son tour est transformé en un produit D, qui jaunit le bleu de bromothymol.

Expérience 2 : Il dissout 0,37 g de D dans un litre d'eau ; on prélève $V_a = 50 \text{ mL}$ de cette solution que l'on dose avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_b = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

¹ L'équivalence acido-basique a lieu quand on a ajouté $V_b = 25 \text{ mL}$.

Expérience 3 : On fait agir du pentachlorure de phosphore PCl_5 sur le composé D, et on obtient un composé organique E. Le composé E réagit avec l'ammoniac pour donner un composé organique F

Tu es choisi par le groupe pour faire la rédaction du compte rendu

Données en g/mol : $M_C = 12$; $M_H = 1$; $M_O = 16$

1. Donne la fonction chimique et le groupe fonctionnel de B et D

2.

2.1. Écris l'équation-bilan de la réaction acido-basique ;

2.2. Détermine la formule brute du composé D ;

2.3. Donne le nom et la formule semi-développée du composé D ;

2.4. Dédus de ces expériences la formule semi-développée et le nom de A.

3.

- 3.1. Écris l'équation-bilan de la réaction :
- 3.1.1. Du composé D au composé E ;
- 3.1.2. Du composé E sur l'ammoniac ;
- 3.2. Nomme le composé F et précise sa famille chimique

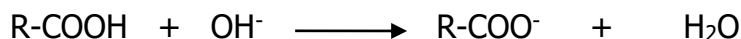
Solution

1. Fonction chimique et groupe fonctionnel de B et D

	Fonction chimique	Groupe fonctionnel
B	Aldéhyde	-CHO
D	Acide carboxylique	-COOH

2.

2.1. équation –bilan de la réaction acido-basique :



2.2.

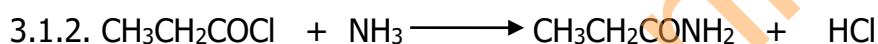
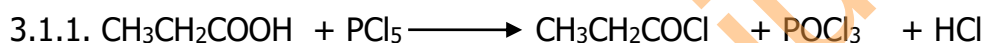
A l'équivalence acido-basique $C_a V_a = C_b V_{Be}$, la valeur de $C_a = 5.10^{-3} \text{mol.L}^{-1}$

$$M = \frac{m}{C_a V_{\text{eau}}} = 74 \text{g.mol}^{-1}, \text{ on pose alors } 14n + 32 = 74 \text{ d'où } n = 3$$

La formule brute est : $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$

2.3. Nom et formule semi-développée de D : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$: acide propanoïque

3.1.



3.3. Nom : Propanamide, fonction chimique : Amide

IV. DOCUMENTS

Applications des acides carboxyliques

Les acides carboxyliques ont une grande utilité dans le domaine industriel. En effet ils contribuent à la fabrication de peinture mais également de solvants, de shampoing, de bougies, de textiles etc.

Par exemple :

- L'aspirine est l'acide acétylsalicylique.
- L'acide éthanóïque se retrouve dans le vinaigre. Il est l'un des plus importants intermédiaires organiques qui est fabriqué à l'échelle de 5 millions de tonnes par an dans le monde.
- Pendant longtemps, les acides gras supérieurs comme l'acide stéarique ont servi à la confection des bougies. Leurs sels de sodium ou de potassium constituent les savons courants.
- Plus récemment, après réduction en alcools correspondants, ces acides gras sont à la base de la préparation de détergents, notamment les sulfates et sulfonates.
- Les esters des acides moyens ou aromatiques sont employés en parfumerie ; de nombreux produits pharmaceutiques dérivent de l'acide benzoïque ; enfin, divers sels de l'acide acétique ont des usages particuliers : pigments, mordants, antiseptiques.

Exemples d'acides carboxyliques et leur pKa

Nombre de C	Structure	Nom usuel (Acide ...)	Nomenclature (Acide ...)	pKa
1	HCOOH	formique	méthanoïque	3,77
2	CH ₃ COOH	acétique	éthanoïque	4,76
3	C ₂ H ₅ COOH	propionique	propanoïque	4,88
4	C ₃ H ₇ COOH	butyrique	butanoïque	4,82
5	C ₄ H ₉ COOH	valérique	pentanoïque	4,81
6	C ₅ H ₁₁ COOH	caproïque	hexanoïque	4,85
7	C ₆ H ₁₃ COOH	énanthique	heptanoïque	4,85
8	C ₇ H ₁₅ COOH	caprylique	octanoïque	4,85
9	C ₈ H ₁₇ COOH	pélgargonique	nonanoïque	-
10	C ₉ H ₁₉ COOH	caprique	décanoïque	-
12	C ₁₁ H ₂₃ COOH	laurique	dodécanoïque	-
14	C ₁₃ H ₂₇ COOH	myristique	tétradécanoïque	-
16	C ₁₅ H ₃₁ COOH	palmitique	hexadécanoïque	-
18	C ₁₇ H ₃₅ COOH	stéarique	octadécanoïque	-
22	C ₂₁ H ₄₃ COOH	béhénique	doeicosanoïque	-

Pour des exercices de renforcement

<https://csmyopougoukoute.dgem.ci>