14PYSCOAN1

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2014

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE I – ONDES ET PARTICULES (6 points)

Si l'on parvient à établir la correspondance entre ondes et corpuscules pour la matière, peut-être sera-t-elle identique à celle qu'on doit admettre entre ondes et corpuscules pour la lumière ? Alors on aura atteint un très beau résultat : une doctrine générale qui établira la même corrélation entre ondes et corpuscules, aussi bien dans le domaine de la lumière que dans celui de la matière.

D'après Notice sur les travaux scientifiques, de Louis de Broglie, 1931

Données numériques :

Masse d'un électron : $m_e = 9{,}1 \times 10^{-31}$ kg

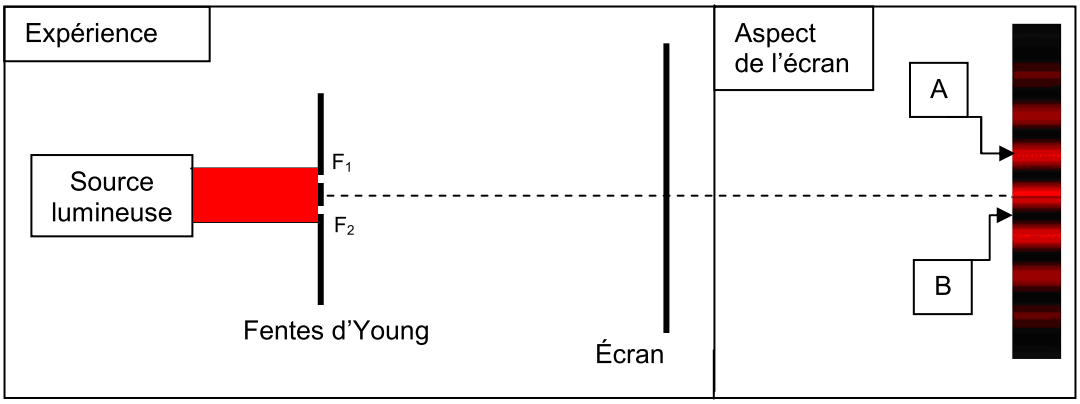
Charge élémentaire : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C

Constante de Planck : $h = 6{,}6 \times 10^{-34}$ J.s

Vitesse de propagation de la lumière dans le vide : $c = 3{,}0 \times 10^{8}$ m.s^{-1}

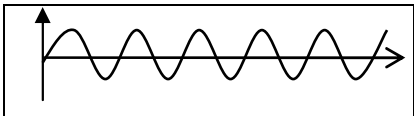
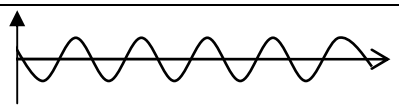
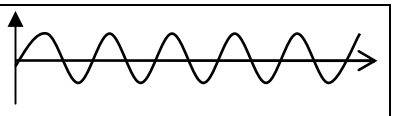
Partie A : Expérience des fentes d'Young

Au début du XIX^{e} siècle, Thomas Young éclaire deux fentes F_1, F_2 fines et parallèles (appelées fentes d'Young) à l'aide d'une source lumineuse monochromatique. On observe sur un écran des franges brillantes et des franges sombres. L'aspect de l'écran est représenté ci-dessous.



1. Qualifier les interférences en A et en B.

2. Ci-dessous sont représentées les évolutions temporelles de l'élongation de trois ondes (a), (b) et (c). Choisir en justifiant, les deux ondes qui interfèrent en A et les deux ondes qui interfèrent en B permettant de rendre compte du phénomène observé.

 Élongation en fonction du temps	 Élongation en fonction du temps	 Élongation en fonction du temps
onde (a)	onde (b)	onde (c)

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Partie B : Particule de matière et onde de matière

1. Expérience des fentes d'Young

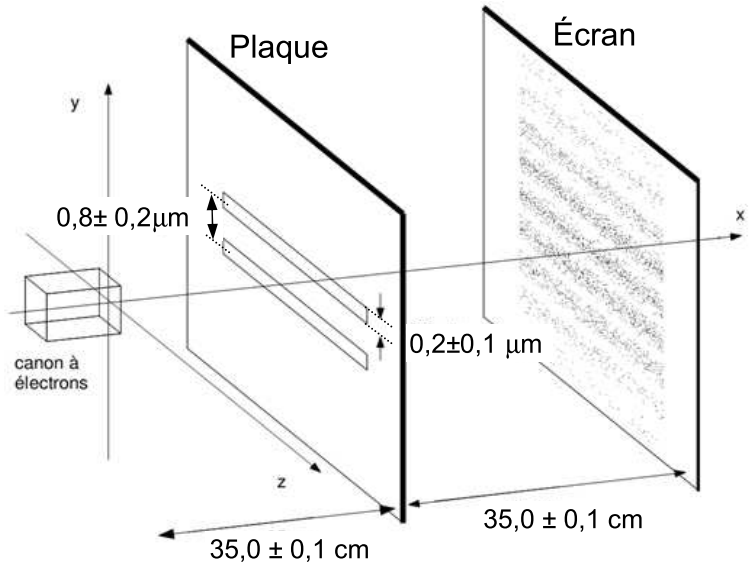
En 1961, Claus Jönsson reproduit l'expérience des fentes d'Young en remplaçant la source lumineuse par un canon à électrons émettant des électrons, de mêmes caractéristiques, un à un. L'impact des électrons sur l'écran est détecté après leur passage à travers la plaque percée de deux fentes.

Répondre aux questions suivantes à partir des documents 1 et 2.

1.1. Peut-on prévoir la position de l'impact d'un électron ? Justifier.

1.2. En quoi cette expérience met-elle en évidence la dualité onde-particule pour l'électron ? Détailler la réponse.

Document 1 : Expérience des fentes d'Young.

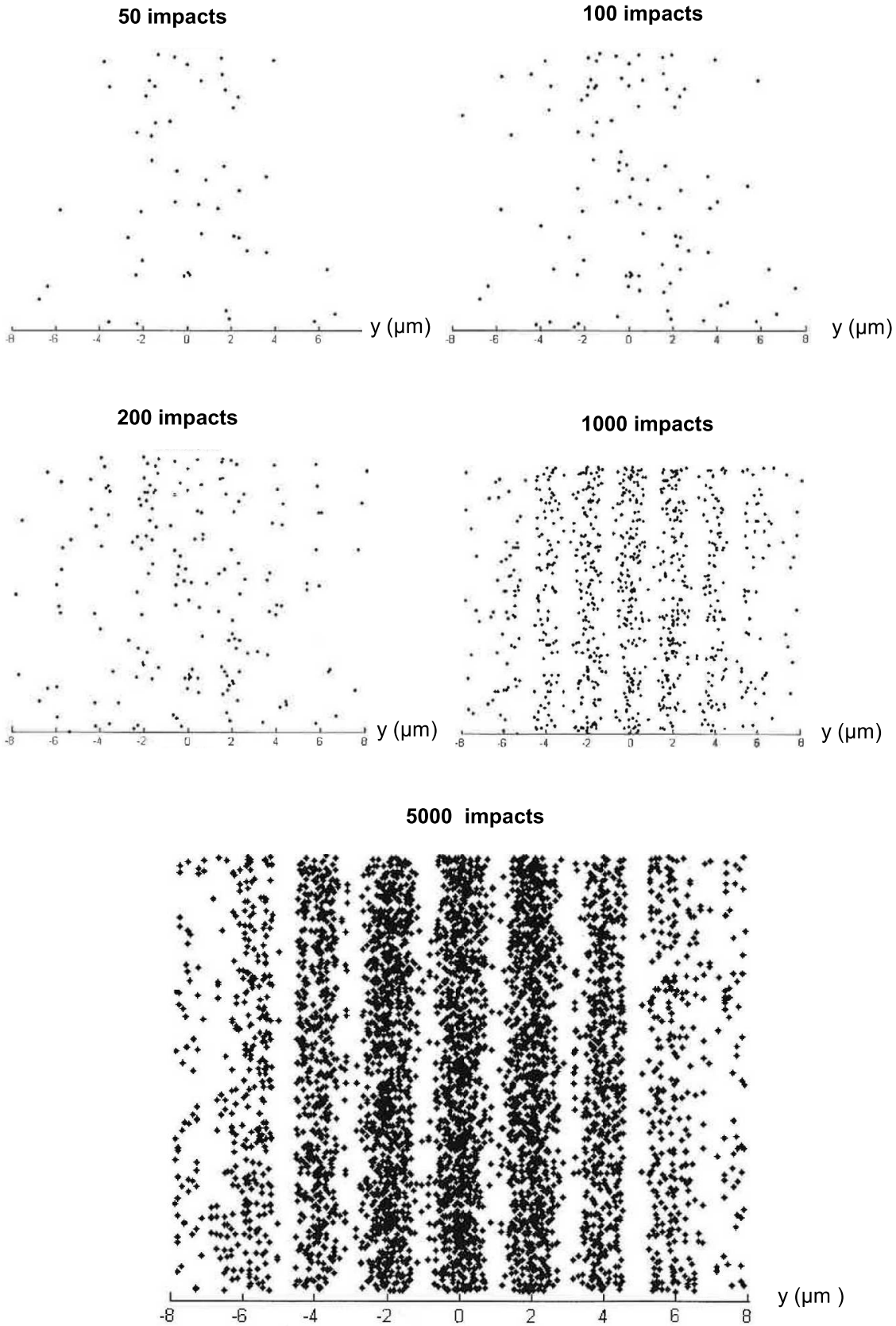


A.Gondran, ENST, 2001

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Document 2 : Impacts des électrons sur l'écran.



D'après A.Gondran, ENST, 2001

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2. Longueur d'onde de l'onde de matière associée à un électron

2.1. Passage à travers la plaque percée de deux fentes

Données :

- L'interfrange est donné par la relation : $i = \frac{\lambda \times D}{b}$ où i est l'interfrange, λ la longueur d'onde de l'onde associée à un électron, D la distance entre la plaque et l'écran et b la distance séparant les deux fentes. Toutes ces grandeurs s'expriment en mètres.
- L'incertitude sur la mesure de la longueur d'onde est évaluée par :

$$\Delta\lambda = \lambda.\sqrt{\left(\frac{\Delta i}{i}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2}$$

- Incertitude sur la mesure de l'interfrange : Δi = 0,2 µm
- Vitesse des électrons : $v = 1{,}3 \times 10^8$ m.s^{-1}

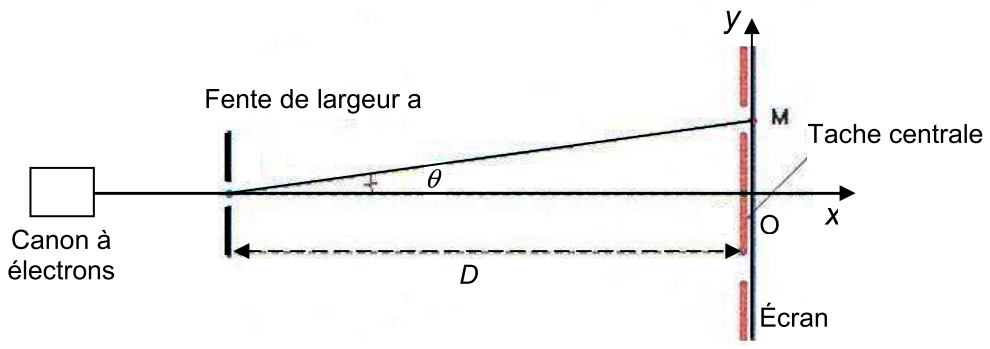
2.1.1. Déterminer la valeur de la longueur d'onde de l'onde de matière associée à un électron et donnée par la relation de de Broglie.
On admettra que cette valeur est connue avec une incertitude égale à 5×10^{-13} m.

2.1.2. Vérifier la cohérence des observations expérimentales réalisées avec le résultat précédent.

2.2. Passage à travers une seule fente de la plaque

L'une des deux fentes de la plaque est dorénavant bouchée ; l'autre de largeur a = 0,2 µm est centrée sur l'axe Ox du canon à électrons.

Schéma de l'expérience (vue de coupe)



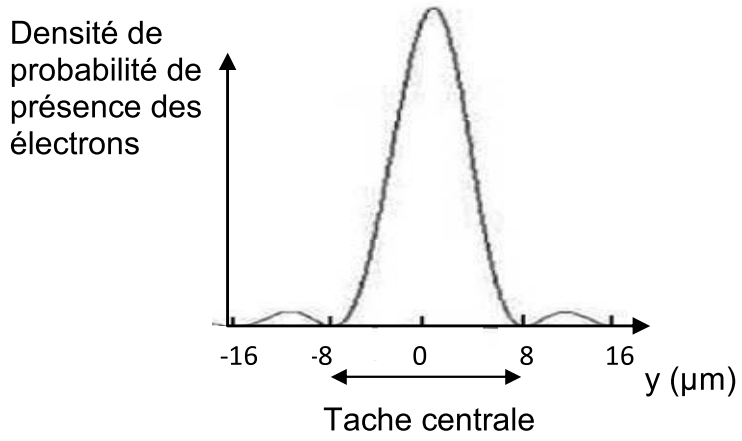
2.2.1. Quel est le phénomène physique observé ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.2.2. À partir du document 3 ci-dessous, déterminer la valeur de l'angle θ, sachant que la distance séparant la fente de l'écran est $D = 35{,}0$ cm. Pour les petits angles, on rappelle que $\tan\theta \approx \theta$.

Document 3 : Densité de probabilité de présence des électrons sur l'écran après passage par la fente.



2.2.3. À partir de la valeur de cet angle, retrouver l'ordre de grandeur de la valeur de la longueur d'onde de l'onde de matière associée à un électron.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II : LA SYNTHÈSE DU MÉTHACRYLATE DE MÉTHYLE (9 points)

Le méthacrylate de méthyle, noté MAM, est une espèce chimique employée pour produire le polyméthacrylate de méthyle dont les marques commerciales les plus connues sont l'altuglas^{TM} et le plexiglas^{TM}.
La plupart des procédés de fabrication du MAM générant des inconvénients, les laboratoires recherchent des voies alternatives.
Le but de l'exercice est de comparer certains procédés de la synthèse du MAM.

Les parties 1 et 2 de l'exercice sont indépendantes.

Données :

- Électronégativité de quelques atomes :

C	O	H
2,5	3,5	2,2

- Table de données pour la spectroscopie IR :

Liaison	C_{tri} – H	C_{tet} – H	C = O_{ester}	C = $O_{cétone}$	C = C	C_{tet} – O
Nombre d'onde (cm^{-1})	3000 - 3100	2800 - 3000	1700 - 1740	1650 - 1730	1625 - 1685	1050 - 1450

- Table de données pour la spectroscopie RMN :

Type de proton	δ (en ppm)
CH_3 - C	0,9
CH_3 - CO - O - R	2,0
CH_3 - O - CO - R	3,7
C - CH_2 - C	1,5
C - CH_2 - CO - O - R	2,2
C - CH_2 - O - CO - R	4,1

- Masses molaires exprimées en $g.mol^{-1}$:

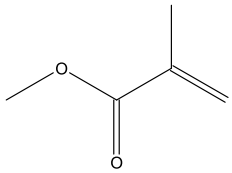
O_2	dioxygène	32,0	CH_3OH	méthanol	32,0
CH_3COCH_3	propanone	58,0	$HCOOCH_3$	méthanoate de méthyle	60,0
HCN	Cyanure d'hydrogène	27,0	$HCONH_2$	méthanamide	45,0
MAM	méthacrylate de méthyle	100,0	$CH_2C(CH_3)_2$	isobutène	56,0

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1. La molécule de méthacrylate de méthyle ou MAM

La formule topologique du MAM est représentée ci-contre :



1.1. Écrire la formule semi-développée de cette molécule en entourant son groupe caractéristique et nommer la famille chimique associée.

1.2. Cette molécule possède-t-elle des stéréoisomères ? Justifier.

2. Synthèse du MAM par le procédé MGC (Mitsubishi Gas Chemicals)

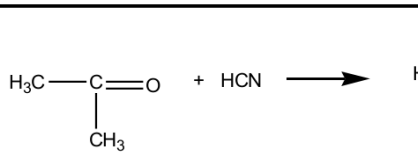
Document 1 : Synthèse du MAM par le procédé MGC (Mitsubishi Gas Chemicals)
Le bilan de la synthèse du MAM par ce procédé est modélisé par :

$$CH_3–CO–CH_3 + HCN + HCOOCH_3 \rightarrow H_2C=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}–COO–CH_3 + HCONH_2$$

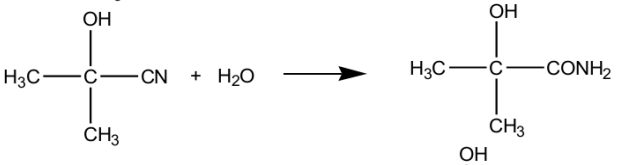
propanone	cyanure d'hydrogène	méthaonate de méthyle	MAM	méthanamide

Le procédé de synthèse comporte quatre réactions successives A, B, C, D, correspondant à la synthèse du MAM et une réaction E de régénération du cyanure d'hydrogène à partir du méthanamide formé. Ces cinq réactions sont modélisées par les équations de réaction écrites ci-dessous :

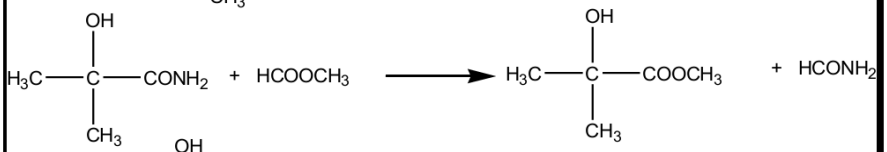
A



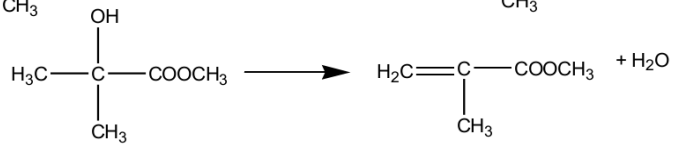
B



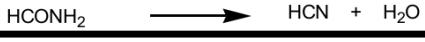
C



D



E



Les déshydratations qui conduisent au MAM et à l'acide cyanhydrique s'effectuent à 500°C. L'acide cyanhydrique ainsi régénéré, peut de nouveau servir à la première étape.

D'après la thèse de Leïla ZAIR, Lille 1, 2003

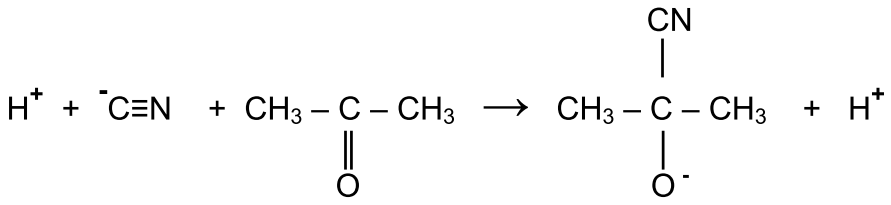
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.1. Associer aux réactions A, C et D du processus une catégorie de réaction parmi les suivantes : élimination, addition ou substitution. Justifier.

2.2. Le mécanisme réactionnel de la réaction A du procédé MGC débute par l'étape suivante :



Recopier cette équation, ajouter les doublets libres manquants sur les différentes entités en présence (molécules et ions) et en représenter les flèches courbes rendant compte de cette première étape du mécanisme.
Justifier précisément l'orientation de ces flèches.

2.3. Afin de vérifier que le procédé conduit aux produits attendus, on utilise la spectroscopie IR et RMN. Ces méthodes sont appliquées pour chacune des espèces suivantes : propanone, méthanoate de méthyle et MAM.

2.3.1. La spectroscopie IR permet-elle de différencier ces trois espèces ? Justifier.

2.3.2. La spectroscopie RMN permet-elle de les différencier ? Justifier avec l'allure des spectres obtenus.

2.3.3. En quoi l'une, l'autre, ou les deux spectroscopies apporte(nt)-elle(s) des informations permettant de valider le procédé ?

2.4. Déterminer, en supposant que les réactions chimiques sont totales, la masse de chaque réactif nécessaire à la production d'une tonne de MAM.

3. Synthèse du MAM et respect de l'environnement

Document 2 : Principes de la « chimie verte » publiés par Messieurs Anastas et Warner à la fin des années quatre-vingt-dix

- Prévention : produire moins de déchets plutôt qu'investir dans l'assainissement ou l'élimination des déchets.

- Économie d'atomes : concevoir les synthèses dans le but de maximiser l'incorporation des matériaux utilisés au cours du procédé dans le produit final.

- Concevoir des méthodes pour utiliser et créer des substances faiblement ou non toxiques pour les humains et sans conséquences sur l'environnement.

- Minimiser les besoins énergétiques des procédés chimiques : mettre au point des méthodes de synthèse dans des conditions de température et de pression ambiantes.

D'après le site www.wikipédia.fr

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Document 3 : Économie d'atomes

On appelle économie d'atomes, notée E_A, le rapport pondéré de la masse molaire du produit recherché sur la somme des masses molaires des réactifs :

$$E_A = \frac{a \times M(\text{produit recherché})}{\sum b_i \times M_i(\text{réactif})}$$ avec a et b_i les nombres stœchiométriques associés.

Plus la valeur de E_A se rapproche de 1, plus le procédé est efficace en termes d'économie d'atomes et donc moins il génère de déchets.

Document 4 : Synthèse du MAM par le procédé ACH (acétone cyanhydrique)

La réaction chimique modélisant le bilan de la synthèse du MAM par le procédé ACH a pour équation :

$$CH_3 - CO - CH_3 + HCN + H_2SO_4 + CH_3OH \rightarrow H_2C = \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}} - COOCH_3 + NH_4HSO_4$$

Si ce procédé permet un rendement de 85 à 95%, on observe, pour chaque tonne de MAM produit, la production de 2200 kg d'hydrogénosulfate d'ammonium (NH_4HSO_4). Celui-ci peut être considéré comme un fertilisant bas de gamme mais il est, dans les faits, difficile de le valoriser.

De plus, les nouvelles réglementations sur la protection de l'environnement ont interdit le transport des composés toxiques comme le cyanure d'hydrogène, et ont obligé les producteurs à construire sur leur site des unités de production de cyanure d'hydrogène.

D'après la thèse de Leïla ZAIR, Lille 1, 2003

Document 5 : Synthèse du MAM par le procédé isobutène

La réaction chimique correspondant au bilan de la synthèse du MAM par la voie isobutène a pour équation :

$$H_2C = \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}} - CH_3 + \frac{3}{2} O_2 + CH_3OH \rightarrow H_2C = \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}} - COOCH_3 + 2\ H_2O$$

Les deux premières étapes sont réalisées en phase gazeuse.

- L'isobutène est d'abord oxydé en acide carboxylique à une température comprise entre 290°C et 365°C. Cette étape est la plus efficace puisqu'elle atteint une conversion quasi totale dès le premier passage (rendement : 88 à 92%) et présente une grande sélectivité.
- L'estérification a lieu dans un deuxième temps, entre 280°C et 306°C, avec un rendement de 76 à 80%.

D'après la thèse d'Hélène Degrand, Lille 1, 2005

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

3.1. Les économies d'atomes sont égales à 0,465 pour le procédé ACH et 0,690 pour le procédé MGC.
Déterminer la valeur de l'économie d'atomes pour le procédé isobutène.
Commenter le résultat obtenu.

3.2. Comparer, en une vingtaine de lignes maximum, les trois procédés (ACH, MGC et voie isobutène) et conclure si l'un d'eux peut être privilégié du point de vue du respect des principes de la chimie verte.

Remarque : Le candidat est évalué sur ses capacités à s'approprier et à analyser les documents, à faire preuve d'esprit critique quant à leurs contenus. Une attention particulière sera portée sur la qualité de sa rédaction.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III : COGÉNÉRATION EN EXPLOITATION AGRICOLE (5 points)

La cogénération est la production simultanée d'électricité et de chaleur à partir d'un combustible dans un dispositif unique : le cogénérateur. Dans une exploitation agricole, le combustible peut être du biogaz issu de la méthanisation des déchets organiques produits : fumier, résidus végétaux, etc.

L'objectif de cet exercice est d'étudier une installation de ce type. Les documents utiles sont rassemblés en fin d'exercice.

1. La méthanisation.
   Vérifier la cohérence entre la composition du biogaz obtenu par méthanisation (document 1) et les données énergétiques présentes dans le document 4.

2. La cogénération.
   2.1. Calculer en MWh (10^6 Wh) la quantité d'énergie libérée en un an par la combustion du biogaz dans cette installation, puis l'ordre de grandeur du volume de biogaz correspondant dans les conditions normales de pression et de température.

   2.2. Déterminer, en m^3, le volume d'eau qui peut être chauffé de 10 °C à 70 °C chaque année grâce à l'énergie thermique produite par l'installation. Justifier que l'on peut utiliser l'eau chaude produite pour la salle de traite et pour la consommation de plusieurs usagers.
   Données :
   - Capacité thermique massique de l'eau : c_{eau} = 4180 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
   - 1 kWh = 3600 kJ.
   - Masse volumique de l'eau : 1000 $kg.m^{-3}$

   2.3. Calculer l'énergie électrique annuelle produite par le cogénérateur en utilisant la puissance électrique du cogénérateur (P = 104 kW). Comparer ce résultat avec une autre donnée présente dans le document 3. Interpréter l'écart éventuel constaté.

3. Enjeux environnementaux.
   En prenant appui sur les documents et les résultats précédents, donner deux arguments montrant l'intérêt environnemental d'un dispositif méthanisation-cogénération dans une exploitation agricole.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

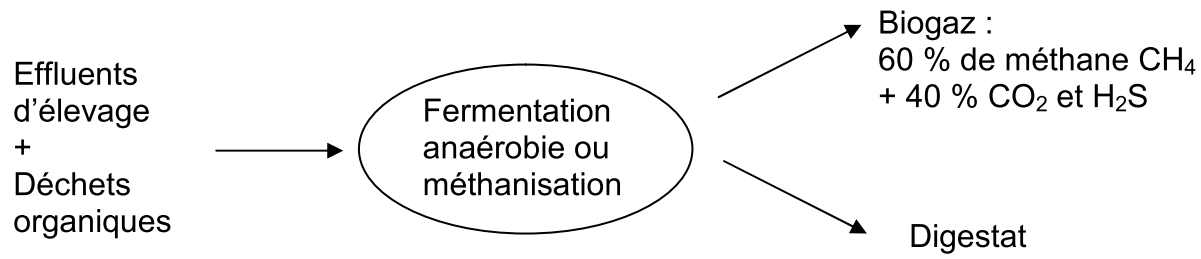
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

DOCUMENTS POUR L'EXERCICE III

Document 1 : Méthanisation.

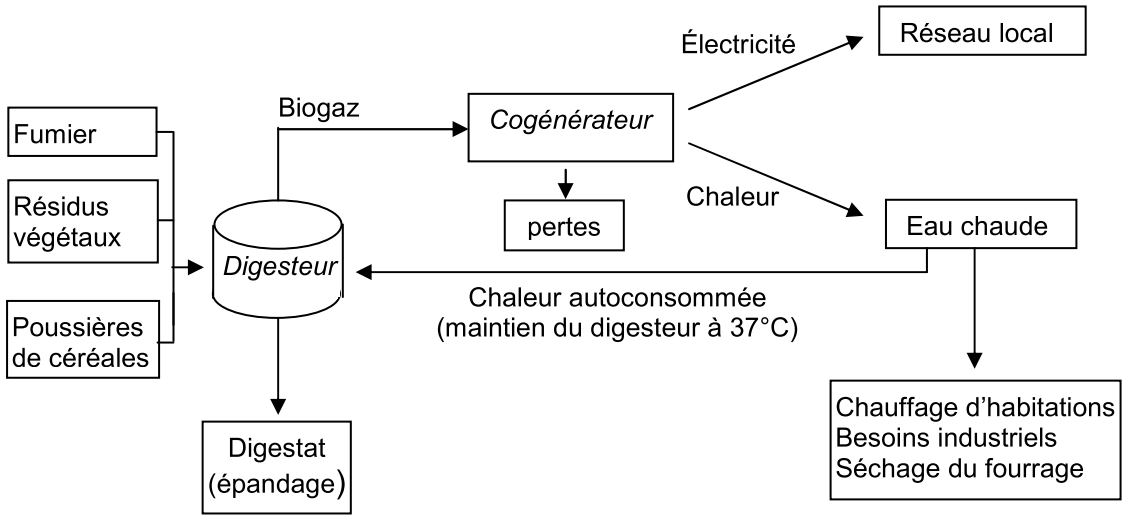
La méthanisation est un processus biologique naturel permettant de valoriser des matières organiques. Pendant 40 à 60 jours, ces matières sont placées à l'intérieur d'une cuve, le digesteur, qui est chauffée et brassée en absence d'oxygène. La fermentation anaérobie qui a lieu produit un gaz, appelé « biogaz », et un engrais de haute valeur fertilisante, appelé « digestat ».

Schéma de principe de la méthanisation :



D'après : http://www.solagro.org

Document 2 : Schéma de fonctionnement global d'une unité de cogénération.



D'après : http://www.solagro.org

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Document 3 : Caractéristiques d'une installation de cogénération.



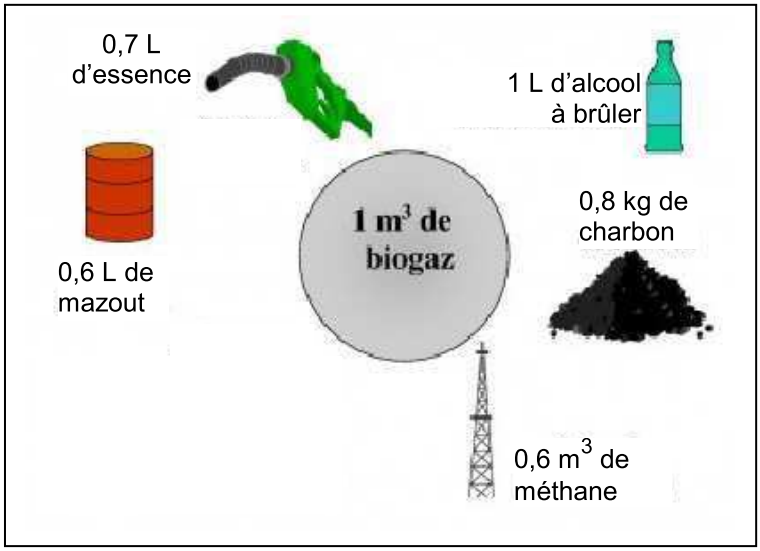
Le GAEC les Châtelets, sur la commune de Gruffy (74) est une exploitation agricole de type élevage bovin. Ce GAEC a souhaité développer une structure de méthanisation – cogénération, mise en service à l'automne 2009. Cette structure est constituée d'un digesteur en acier (1), d'une trémie d'alimentation (2) et d'un module de cogénération (3).

Caractéristiques :

- Digesteur de 675 m^3
- Puissance électrique du cogénérateur : 104 kW
- Production annuelle d'énergie par le cogénérateur :
  - thermique : 860 MWh
  - électrique : 830 MWh
- Efficacité énergétique (ou rendement) globale : 70 % (rapport de l'énergie totale produite par le cogénérateur à l'énergie issue de la combustion du biogaz)
- 3200 tonnes/an de matière organique valorisée
- Économie de CO_2 : environ 420 tonnes/an
- 200 L d'eau chaude sont consommées par jour dans la salle de traite
- Réseau de chaleur pour plusieurs usagers

D'après http://www.cogenerationbiomasserhonealpes.org/

Document 4 : Équivalences énergétiques.
Les volumes gazeux sont mesurés dans les conditions normales de pression et de température.



La combustion de 1 m^3 de méthane produit une énergie égale à 10 kWh.

D'après : www.ecobase21.net

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer