Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Pro PCEPC, veuillez visiter :
bacpropcepc.fr/annales-sujets-et-corriges

BAC PRO PCEPC • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Baccalauréat professionnel Industries de procédés - Étude d’un procédé industriel

Session 2014 • Code sujet : **1406-IP T 22 DR** • Durée : **3 heures** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Fabrication et activation d’un catalyseur à base d’alumine (8 questions) **Page 3**

2. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 7**

Sujet officiel (PDF) : https://bacpropcepc.fr/assets/annales/bac-pro-pcepc/E2 - Étude d'un procédé/2014/Bac Pro PCEPC - E2 - Étude d'un procédé - Session 2014 - 4-Sujet.pdf

1. Fabrication et activation d'un catalyseur à base d'alumine

Le dossier présente la fabrication d'un support catalytique en alumine à partir de boehmite, puis son activation par imprégnation au nitrate de cobalt. Il rassemble la description du procédé et de ses équipements, un schéma, des fiches toxicologiques, un glossaire et des données de calcul.

Thème du procédé

Question Présentation. Prendre connaissance des deux étapes étudiées, de la fabrication du support catalytique en alumine sous forme d'extrudés et de l'activation par imprégnation d'un sel métallique, ainsi que de la production indiquée.

Le procédé comporte deux parties. La première transforme la boehmite AlOOH en support catalytique d'alumine calcinée Al_2O_3, mis en forme d'extrudés. La seconde active ce support par imprégnation d'un sel métallique en solution, puis transforme ce sel en oxyde métallique. Dans le procédé décrit, l'oxyde actif est CoO. Les extrudés peuvent être cylindriques ou trilobés, de différents diamètres. La production indiquée est celle du support d'Al_2O_3 avant activation, et non celle du catalyseur activé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Fabrication d'un support extrudé d'Al_2O_3, puis activation par imprégnation en CoO. Production du support : 10 000 kg/jour.

Généralités sur les catalyseurs et sur l'alumine

Question 1. Consulter les définitions du catalyseur et de la catalyse hétérogène, les propriétés d'activité, de sélectivité et de stabilité, puis comparer les formes d'alumine selon leurs propriétés et leurs domaines d'application.

Un catalyseur accélère ou favorise une réaction sans être consommé. La catalyse est hétérogène si le catalyseur est solide et la phase réactive fluide. L'activité concerne l'accélération, la sélectivité favorise la réaction désirée et la stabilité traduit la résistance à la désactivation.

Forme	Température de fabrication	Dureté Mohs	Densité	Porosité et surface spécifique	Application
Boehmite AlOOH	Non indiquée	3,5	3,01	Élevée, 350 m²/g	Matière première des alumines
Alumine calcinée Al_2O_3	500 à 1250 °C	8	3,9	Élevée, 400 m²/g	Catalyseurs
Alumine frittée Al_2O_3	1650 à 1950 °C	8,5	3,5	Faible	Céramiques réfractaires
Alumine fondue Al_2O_3	2050 °C	9	3,6	Faible	Abrasifs

L'alumine calcinée convient aux catalyseurs grâce à sa porosité et à sa grande surface spécifique.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour les catalyseurs : alumine calcinée Al_2O_3, dureté 8, densité 3,9, surface spécifique 400 m²/g.

Préparation du support de catalyseur

Question 2.1. Étudier les matières premières, les utilités, les étapes de préparation du support et les équipements associés, depuis le malaxage jusqu'à la calcination. Repérer également la réaction de calcination de la boehmite et le traitement du NO_2 par NH_3.

La préparation utilise de la boehmite AlOOH, une solution aqueuse de HNO_3 à 50 % et de l'eau. L'acide pur représente 3 % du débit d'Al_2O_3 produit. Les utilités indiquées sont l'air comprimé, la vapeur saturée à 40 bar, l'eau déminéralisée et l'eau réseau.

1. M1 : malaxer 30 min pour obtenir une pâte extrudable et analyser sa perte au feu.
2. Z : extruder la pâte à travers une filière, puis sécher progressivement dans E1 à 200 °C pendant 2 h.
3. S1 et S2 : séparer et dépoussiérer l'effluent gazeux ; recycler les particules lourdes vers M1. S3 : tamiser et stocker les hors-côte.
4. K1 : calciner les extrudés conformes à 500 °C pendant 2 h.

Réactions : $2\ AlOOH \rightarrow Al_2O_3 + H_2O$; $6\ NO_2 + 8\ NH_3 \rightarrow 7\ N_2 + 12\ H_2O$ dans K2.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Malaxage, extrusion, séchage, tamisage et calcination à 500 °C durant 2 h. K2 traite le NO_2 avec NH_3.

Activation du catalyseur par imprégnation

Question 2.2. Étudier les opérations d'imprégnation du support par le nitrate de cobalt, de mûrissement, de séchage, de calcination et de refroidissement. Prendre en compte les conditions opératoires, le volume de saturation et la réaction de calcination du nitrate de cobalt.

Le support d'alumine calcinée et déshydratée est imprégné dans la cuve agitée K3 par pulvérisation d'une solution aqueuse de nitrate de cobalt à 17 %, titre exprimé en CoO. La quantité de solution dépend du volume de saturation du support, déterminé par essai de laboratoire en mesurant l'eau absorbée par unité de masse. Le mélange mûrit ensuite 2 h dans K4 pour permettre la migration du nitrate.

Le catalyseur imprégné est séché 2 h dans E2, sous air à 250 °C, puis calciné 2 h à 500 °C dans K5. La réaction est $Co(NO_3)_2 \rightarrow CoO + 2\ NO_2 + ½\ O_2$. Le NO_2 est traité dans K2 avec NH_3. Enfin, E3 refroidit le produit à 25 °C.

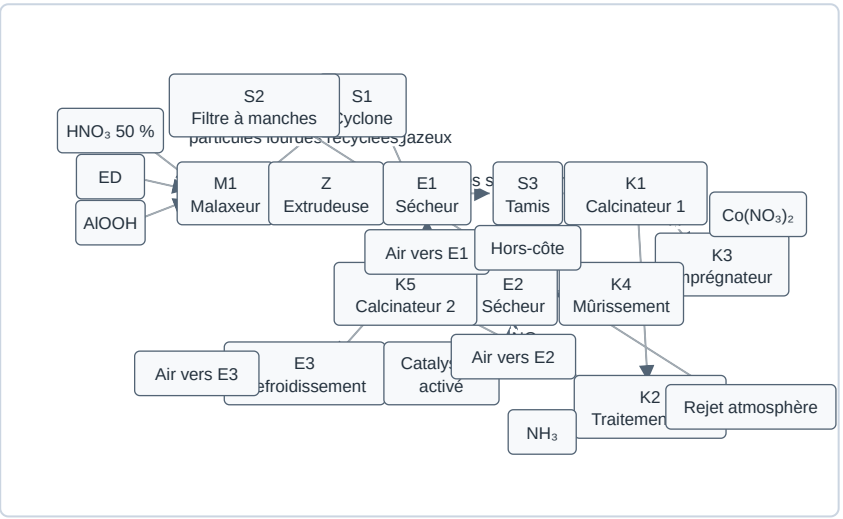
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Imprégnation, mûrissement 2 h, séchage à 250 °C durant 2 h, calcination à 500 °C durant 2 h, refroidissement à 25 °C.

Schéma de procédé simplifié

Question 3. Utiliser le schéma pour repérer les équipements, les matières entrantes, les produits, les utilités et les flux de recyclage ou de rejet, depuis la fabrication du support jusqu'à l'obtention du catalyseur activé.

Le schéma montre les matières premières et utilités entrant dans les équipements, ainsi que les sorties de produits et de gaz. AlOOH, HNO_3 à 50 % et eau déminéralisée alimentent M1 ; le support suit ensuite Z, E1, S3 et K1. Les particules lourdes du cyclone S1 sont recyclées vers M1 ; S2 filtre les fines avant rejet atmosphérique. Les hors-côte sortent de S3. Après K1, le support est imprégné avec $Co(NO_3)_2$, puis passe par K4, E2, K5 et E3. Les gaz NO_2 de K1 et K5 sont traités dans K2 avec NH_3.

Schéma de procédé : équipements et flux



Représentation des flux principaux, utilités, recyclage des particules lourdes et traitements gazeux indiqués sur le schéma source.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Flux solide : M1 → Z → E1 → S3 → K1 → K3 → K4 → E2 → K5 → E3 → catalyseur activé. Recyclage S1 vers M1 ; gaz NO_2 vers K2 puis rejet.

Extraits de fiches toxicologiques

Question 4. Consulter les fiches du dioxyde d'azote et du nitrate de cobalt pour identifier leurs dangers, incompatibilités, mesures de prévention, premiers secours et données toxicologiques.

Le NO_2 est un gaz très toxique, corrosif et comburant, plus lourd que l'air. Il peut provoquer des brûlures et un œdème pulmonaire retardé mortel. La VLE indiquée est de 6 mg/m³, soit 3 ppm. Le nitrate de cobalt est toxique, comburant, sensibilisant et susceptible de provoquer un cancer par inhalation ; sa décomposition thermique produit des oxydes d'azote.

- Prévention : éviter l'inhalation, tenir le NO_2 éloigné des combustibles et porter gants, vêtements et protection des yeux et du visage. Pour le nitrate de cobalt, porter une protection respiratoire si la ventilation locale est insuffisante.

- Incompatibilités : NO_2, réducteurs, combustibles, eau et alcalins ; nitrate de cobalt, substances organiques, réducteurs et carbone.
- Secours : en cas d'inhalation, intervention avec ARI et appel d'un médecin. Rincer peau ou yeux à l'eau au moins 15 min.

Données indiquées : NO_2, CL50 rat 57,5 ppm/4 h ; nitrate de cobalt, DL50 orale rat 434 mg/kg.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> NO_2 : toxique, corrosif et comburant. Nitrate de cobalt : toxique, sensibilisant et cancérogène possible par inhalation. Prévenir l'exposition et appliquer les premiers secours indiqués.

Glossaire

Question 5. Consulter les définitions de l'échelle de Mohs, du frittage, de la perte au feu, du pouvoir adsorbant et de la surface spécifique, ainsi que le tableau de dureté des minéraux.

L'échelle de Mohs compare la capacité des minéraux à se rayer et classe leur dureté de 1, talc, à 10, diamant. Repères : gypse 2, calcite 3, fluorine 4, fluorapatite 5, orthose 6, quartz 7, topaze 8 et corindon 9. Le frittage chauffe une poudre sans la faire fondre : les grains se soudent, ce qui donne cohésion et densification.

La perte au feu est la perte de masse d'un produit chauffé à l'air à 1000 °C pendant 2 h ; elle correspond à l'eau et au NO_2 dégagés. L'adsorption est la fixation de molécules sur la surface d'un solide, à distinguer de l'absorption. La surface spécifique est la surface réelle rapportée à la masse, généralement en m^2/g.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Mohs classe les minéraux de 1 à 10 ; frittage, perte au feu, adsorption et surface spécifique décrivent respectivement la cohésion thermique, la perte de masse, la fixation en surface et la surface par unité de masse.

Formulaire et données

Question 6. Utiliser le tableau des masses molaires, la schémathèque des équipements et instruments, ainsi que la relation entre débit massique et débit molaire.

Masses molaires fournies : AlOOH 60, Al_2O_3 102, H_2O 18, $Co(NO_3)_2$ 182,9, CoO 74,9, NO_2 46, O_2 32, N_2 28 et NH_3 17 kg/kmol (ou g/mol). La schémathèque indique un ventilateur, TT/TC pour la température, FT/FC pour le débit et PT/PC pour la pression ; T signifie transmetteur et C régulateur.

La relation est Qn = Qm / M. Pour obtenir Qn en kmol/h à partir de Qm en kg/h, utiliser M en kg/kmol. Le formulaire précise M en kg/mol, ce qui est incohérent avec ces unités de débit ; il faut garder des unités compatibles, ou convertir le résultat en mol/h.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Qn = Qm / M. Avec Qm en kg/h et Qn en kmol/h, exprimer M en kg/kmol.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2014)

Bilan de l'épreuve : Dossier ressources de l'épreuve technologique E2, sous-épreuve B2 du baccalauréat professionnel Industries de procédés, session 2014, repère 1406-IP T 22 DR, durée 3 heures, coefficient 3. Le thème est la fabrication d'un support d'alumine à partir de boehmite puis son activation au cobalt. Les ressources portent sur le procédé, les réactions, les équipements, la sécurité chimique et les calculs de débits.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La calcination transforme la boehmite selon 2 AlOOH(s) → Al_2O_3(s) + H_2O(g).
- L'imprégnation au nitrate de cobalt puis la calcination produisent le CoO, oxyde métallique actif du catalyseur.
- Le traitement du NO_2 par NH_3 suit la réaction 6 NO_2 + 8 NH_3 → 7 N_2 + 12 H_2O.
- Le débit molaire se calcule par Qn = Qm / M, avec des unités compatibles.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer la fabrication du support, notamment la calcination en K1, de l'activation par imprégnation et calcination en K5.
- Suivre les flux du schéma, dont le recyclage des particules lourdes et le traitement des gaz dans K2.
- Respecter les coefficients stœchiométriques des réactions et vérifier les unités des débits.
- Prendre en compte les risques du NO_2 et du nitrate de cobalt ainsi que les protections des fiches.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment convertir un débit massique en débit molaire avec le formulaire ?

Appliquez Qn = Qm / M. Qm est le débit massique, M la masse molaire et Qn le débit molaire. Avec Qm en kg/h et M en kg/kmol, le résultat est exprimé en kmol/h.

Q : À quoi correspondent les deux calcinations du procédé ?

La calcination en K1 transforme la boehmite AlOOH en alumine Al_2O_3. Celle en K5 transforme le nitrate de cobalt imprégné en CoO, l'oxyde métallique actif du catalyseur.

Q : Le dossier ressources contient-il des questions d'examen et un barème ?

Non. Le document fourni est un dossier ressources de dix pages, sans énoncé de questions ni barème. Il réunit des descriptions du procédé, un schéma, des fiches toxicologiques, un glossaire et des données de calcul.

Q : Quelle précaution essentielle retenir concernant le NO_2 ?

Le NO_2 est très toxique par inhalation et peut provoquer de graves brûlures. Il faut éviter de respirer ses gaz et porter les protections adaptées. En cas d'inhalation, la fiche préconise une intervention avec un ARI et un avis médical.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bacpropcepc.fr/assets/annales/bac-pro-pcepc/E2 - Étude d'un procédé/2014/Bac Pro PCEPC - E2 - Étude d'un procédé - Session 2014 - 4-Sujet.pdf
Ressources Bac Pro PCEPC : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.