



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34302 B1**
- (51) Cl. internationale : **D21B 1/02; D21B 1/34; D21C 5/00**
- (43) Date de publication : **01.06.2013**
-
- (21) N° Dépôt : **35442**
- (22) Date de Dépôt : **10.12.2012**
- (30) Données de Priorité : **14.05.2010 EP 10382123.7**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/IB2011/052127 16.05.2011**
- (71) Demandeur(s) : **UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA, C. Jordi Girona Salgado 31 E-08034 Barcelona (ES)**
- (72) Inventeur(s) : **CALAFELL MONFORT, Margarita**
- (74) Mandataire : **SABA & CO**
-
- (54) Titre : **PROCESSUS DE RECYCLAGE DE VIEUX PAPIERS PRODUIT OBTENU A PARTIR DUDIT PROCESSUS ET SES USAGERS**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne un bioprocessus destiné à recycler les papiers usagés issus d'un papier de qualité supérieure comprenant les étapes suivantes : a) la préparation d'une pâte ; b) la dilution dans l'eau du matériau à la pâte de papier obtenu à l'étape a) ; c) le traitement enzymatique de la pâte ; d) l'ajout de sels inorganiques et de colles ; e) la dilution dans de l'eau du matériau obtenu à l'étape d) ; f) la filtration par le vide ; le pressage éventuel ; et g) le séchage. En particulier, ledit papier de qualité supérieure est du papier imprimé. La présente invention concerne également le produit pouvant être obtenu par le processus mentionné ci-dessus. La présente invention concerne en outre les différents usages du produit comme matériau de construction, matériau d'éco-emballage et matériau éco-décoratif.

ABREGÉ

La présente invention concerne un bioprocédé de recyclage de vieux papiers provenant d'un papier de qualité supérieure comprenant les étapes suivantes :

- a) la préparation d'une pâte ;
- 5 b) la dilution avec de l'eau de la matière mise en pâte obtenue en a) ;
- c) le traitement enzymatique de la pâte ;
- d) l'ajout de sels inorganiques et de colles ;
- e) la dilution avec de l'eau de la matière obtenue en d) ;
- f) la filtration sous vide ; le pressage facultatif ; et
- 10 g) le séchage

En particulier, ledit papier de qualité supérieure est un papier imprimé.

La présente invention concerne aussi le produit obtenu par le processus susmentionné.

- 15 La présente invention concerne aussi les différents usages du produit, tels un matériau de construction et de bâtiment, un matériau d'emballage écologique et un matériau éco-décoratif.

Nombre de lignes : 1120

34302
01 JUN 2013

1

Processus de recyclage de vieux papiers, produit obtenu à partir dudit processus et ses usages

Domaine de l'invention

5

La présente invention concerne un processus de recyclage de vieux papiers provenant d'un papier de qualité supérieure. La présente invention décrit aussi les produits pouvant être obtenus à partir dudit processus et les différents usages desdits produits.

10

Contexte de l'invention

De nos jours et en raison de la collection sélective croissante de papier et de carton, le problème des vieux papiers s'aggrave dans les villes et les régions industrialisées. Toutefois, de nos jours une quantité importante de ces vieux papiers est recyclée. Plusieurs de ces vieux papiers rejoignent le cycle du papier ou du carton, mais une partie significative de ces vieux papiers contient des quantités importantes d'additifs, d'encre, de colles, de résine à résistance à l'état humide, ce qui rend le processus de recyclage très coûteux et, très souvent, non viable du point de vue de l'environnement. Ce genre de déchets ou de résidus doit être envoyé à une décharge, posant alors un problème pour l'environnement et l'économie d'une compagnie.

Les compagnies d'impression et de conception graphique font particulièrement face à ce problème et tentent d'éviter la production de déchets ou de sous-produits pour des raisons à la fois environnementales et économiques. En général, la tendance est de réduire le volume de papier envoyé au dépotoir et/ou à l'incinérateur. Pour ces raisons, le recyclage du papier et du carton a été publiquement prôné. En récupérant et recyclant le papier déjà usagé, la durée de vie de la cellulose peut être prolongée et la consommation de fibres vierges est évitée. Les compagnies d'impression et de conception graphique emploient une gamme différente de papiers et d'encre. Certains des sous-produits ou des déchets ont déjà un traitement connu et leur recyclage fait partie du processus normal du cycle de vie du produit dans cette industrie.

Toutefois, certains papiers sont exclus de ce traitement de recyclage connu. C'est un papier de qualité supérieure ayant une teneur élevée en additifs. Un processus d'impression de haute qualité ne peut pas récupérer les vieux papiers essentiellement en raison des encres et des additifs présents, la remise en pâte et le recyclage devenant

des processus très difficiles. Jusqu'à nos jours, tous les déchets produits dans la production de ce genre de papier doivent être traités comme des déchets destinés à un dépotoir, représentant ainsi une source de contamination et une perte significative de matière et d'énergie, outre le fait d'impliquer des coûts élevés.

5 Par ailleurs, les compagnies productrices de papier d'impression et de papier à écrire de qualité supérieure ne peuvent pas utiliser le papier recyclé essentiellement car le produit final encourt une perte de qualité à cause de l'emploi de pâtes à papier dans le processus de recyclage.

Une approche à la résolution de ce problème consiste à éliminer les additifs
10 et les encres. De nombreux documents dévoilent des processus de désencrage (voir par exemple : US 2009165967 ; US 2007158039 ; Separation of ink particles from waste paper by fine-bubbles. El-Shall H., Moudgil B. M., El-Midany A. KONA (2005), 23, 122-128 ; WO 2005124016 A1 ; US 2005098278 ; WO 2004011717 ; The role of particle size on the deposition efficiency of ink on
15 plastic spheres. AZZAM Mohammed O. J., MOUSA Hasan, AL-MAQRAEI Abduljalil A. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* (2003), 230(1-3), 207-216 ; US 2003106654 ; Coagulation using kerosene for magnetic deinking of waste office paper. Oki Tatsuya, Owada Shuji, Yotsumoto Hiroki, Tanuma Hirokazu, Takeuchi Yuu. *Materials Transactions* (2003), 44(2), 320-
20 326; WO 2002012618) ; mais la plupart de ces processus emploient des produits chimiques susceptibles même d'induire une contamination supérieure de l'environnement. Dans d'autres situations, après l'élimination de ces additifs, d'autres produits doivent être ajoutés, occasionnant ainsi un travail très long doublé d'une consommation de matière et d'énergie et, par conséquent, le processus devient peu
25 rentable.

Un autre exemple est le document WO 00/15899 qui révèle un procédé de désencrage et de décoloration d'un papier imprimé, qui consiste à (a) réduire le papier imprimé en pâte pour obtenir une bouillie de pâte et (b) diluer la bouillie de pâte, où le colorant est décoloré avec une ou plusieurs laccases en présence de l'oxygène et
30 éventuellement d'un ou de plusieurs médiateurs chimiques.

Technologie du recyclage

La technologie du recyclage s'est avérée efficace pour le papier de
35 journaux et le carton. Ces produits sont faits d'un papier ayant une faible teneur en

charges facilitant ainsi la remise en pâte. De là, pour les produits à teneur élevée en charges, le processus de remise en pâte est plus difficile.

Les méthodes servant actuellement à l'obtention d'une pâte à partir d'un papier de qualité supérieure encourent toujours une perte de résistance des fibres 5 récupérées, une perte du rendement total en fibres et un problème à éliminer les additifs et les encres du papier. Un problème supplémentaire consiste à devoir ajouter une pâte vierge à la pâte récupérée pour obtenir une résistance acceptable dans le produit final. Ceci élève les coûts du processus et du produit.

Parfois, on a recours à des procédés mécaniques comme la flottation et la 10 floculation pour éliminer les additifs non cellulosiques des papiers usagés, comme les résines, les plastiques, les polymères, les vernis, les revêtements, les préparations pré- et post-encrage ou d'autres produits non cellulosiques.

En général, les additifs sont éliminés des fibres durant l'étape de défibrillation. Le papier usagé est traité dans un défibreux dans des conditions alcalines 15 à 50-60°C afin de réaliser une bonne défibrillation et produire une pâte pour papier. Un processus alternatif consiste à exécuter cette opération dans des conditions froides, à épaissir la pâte jusqu'à obtenir une consistance supérieure à 15%, à la chauffer avec de la vapeur à 60°C puis à introduire un agent de désencrage et un agent de blanchiment. La pâte est ensuite laissée pendant 2 ou 3 heures dans une tour de macération soumise 20 à une agitation mécanique.

Un premier problème rencontré avec ce processus est que, durant le traitement thermique, toutes les substances sous le point de fusion demeurent dispersées dans la pâte et ne peuvent plus en être retirées, soulevant ainsi des problèmes ultérieurs dans la machine à papier comme l'occlusion des filtres, des 25 grilles, des soupapes et des conduites.

Un second problème rencontré est que ces techniques de désencrage sont peu efficaces pour la plupart des encres modernes. Les présentes encres utilisent des résines ayant une résistance à l'état humide en tant que fixateur sur la fibre et, grâce à ces processus, les encres ne peuvent pas être séparées de la surface du papier et même 30 l'adhérence au papier n'est pas affaiblie.

Un troisième problème rencontré est que la température du processus de désencrage ne peut pas être élevée puisque les traitements prolongés d'une fibre de cellulose dans un milieu alcalin à des températures élevées confèrent à la pâte une couleur jaunâtre, notamment lorsque des pièces de bois demeurent à l'intérieur du 35 papier.

L'un des présents inventeurs a révélé auparavant un processus (ES2241408 B1) de recyclage des vieux papiers imprimés en héliogravure avec des encres résistantes à l'humidité. Toutefois, le processus mentionné utilise un pH très acide et produit une quantité importante de déchets, occasionnant ainsi une grande réduction de la résistance à la rupture de la fibre de cellulose, et par la suite une réduction de la résistance à la rupture de la matière recyclée. Le nouveau processus révélé dans la présente invention surmonte les inconvénients mentionnés et permet aussi d'obtenir un produit ayant des propriétés améliorées comme une résistance au feu, une isolation thermique et acoustique, des propriétés d'étanchéité, une stabilité dimensionnelle, une faible densité, une résistance mécanique élevée, une dureté semblable à celle du bois mais le produit étant toujours susceptible d'être moulé, et recyclable.

Par conséquent, un premier objectif de la présente invention concerne un bioprocédé optimisé de recyclage des vieux papiers provenant d'un papier de qualité supérieure (papier imprimé).

Un second objectif de la présente invention concerne le produit pouvant être obtenu à partir du bioprocédé selon le premier objectif.

Durant sa production ou son utilisation, ce matériau "écologique" n'a pas d'impact sur l'environnement. En outre, il confère une valeur ajoutée aux tonnes de vieux papiers et cartons qui s'accumulent dans les grandes villes. Le matériau de la présente invention affiche des propriétés équivalentes aux matériaux non écologiques, qui peuvent alors être remplacés et offre l'avantage d'être un matériau naturel. En outre, le procédé de production du matériau n'a pas d'impact négatif, car il ne produit pas de résidus et tous les composants résiduels utilisés sont recyclés au cours du procédé.

Comme susmentionné, le présent produit présente des propriétés améliorées comme une résistance au feu, une isolation thermique et acoustique, des caractéristiques d'étanchéité, une stabilité dimensionnelle, une faible densité, une résistance mécanique élevée, une dureté semblable à celle du bois mais le produit étant toujours susceptible d'être moulé, et recyclable.

Un autre objectif de la présente invention concerne l'utilisation du produit selon le second objectif comme matériau de construction et des bâtiments, matériau d'emballage écologique et matériau éco-décoratif.

Brève description des figures

La Figure 1 représente le processus biotechnologique de la présente invention servant

au recyclage de vieux papiers provenant de papier de qualité supérieure :

- (1) Alimentation en vieux papiers
- (2) Défibreur
- (3) Premier contenant de dilution
- 5 (4) Agitation
- (5) Second contenant de dilution
- (6) Filtre à vide
- (7) Processus de pressage
- (8) Résistance de séchage
- 10 (9) Collecteur du filtrat d'eau
- (10) Produit final

La Figure 2 présente les différentes définitions de la résistance à la traction dans le diagramme de la courbe contrainte-déformation

- 15 La Figure 3 donne les dimensions des échantillons soumis à la résistance à la traction

La Figure 4 donne les dimensions des échantillons soumis à la compression

La Figure 5 montre la photographie d'un échantillon de matière après le test de feu.

La Figure 6 montre les échantillons M1 et M2 avec une pression acoustique pondérée normalisée mesurée aux différentes fréquences.

- 20 La Figure 7 montre les échantillons M3 et M4 avec une pression acoustique pondérée normalisée mesurée aux différentes fréquences.

La Figure 8 montre les élévations du coefficient d'absorption acoustique α de l'échantillon aux différentes fréquences.

25 **Résumé de l'invention**

La présente invention concerne un bioprocédé de recyclage de vieux papiers provenant d'un papier de qualité supérieure, lequel bioprocédé comprend les étapes suivantes :

- 30 a) la préparation de la pâte ;
- b) la dilution avec de l'eau de la matière mise en pâte obtenue en a)
- c) le traitement enzymatique de la pâte ;
- d) l'ajout de sels inorganiques et de colles ;
- e) la dilution avec de l'eau de la matière obtenue en d) ;
- 35 f) la filtration sous vide ; un pressage facultatif ; et

g) le séchage

En particulier, ledit papier de qualité supérieure est un papier imprimé.

La présente invention concerne aussi le produit obtenu par le processus susmentionné.

5 La présente invention concerne aussi les différents usages du produit comme matériau de construction et de bâtiment, matériau d'emballage écologique et matériau éco-décoratif.

Description détaillée de l'invention

10

La présente invention concerne un processus de recyclage de vieux papiers provenant d'un papier de qualité supérieure comprenant les étapes suivantes :

- 15 a) la préparation de la pâte, les vieux papiers étant alimentés avec de l'eau dans un défibreur avec une consistance comprise entre 15 et 20% ;
b) la dilution avec l'eau recyclée de la matière mise en pâte obtenue en a) jusqu'à l'obtention d'une consistance comprise entre 5 et 10% ;

le processus se caractérise par les étapes suivantes aussi :

- 20 c) le traitement enzymatique de la matière mise en pâte diluée obtenue en b) ;
d) l'ajout d'un ou de plusieurs sels inorganiques et d'une ou de plusieurs colles à la matière obtenue durant le traitement en c) ;
e) la dilution avec de l'eau de la matière obtenue en d) jusqu'à l'obtention d'une consistance comprise entre 1 et 3% ;
f) la filtration de la matière obtenue en e) sous vide et un pressage facultatif ;
25 g) le séchage de la matière filtrée obtenue en f) ;

où a lieu un retour d'une suspension d'eau résiduelle après la filtration à l'étape f) dans les contenants où les étapes b) et e) ont lieu.

30 Les termes "résidu" et "déchets" sont utilisés de façon interchangeable dans la présente invention en référence à la matière inutile.

Le terme "consistance" désigne dans la présente invention le pourcentage de matière brute sèche (habituellement un résidu) dans un solvant (habituellement l'eau).

35 Sauf indication contraire, le terme "vieux papiers" désigne toujours les

vieux papiers provenant d'un papier imprimé de qualité supérieure. Sur le plan structurel, le "vieux papier" dans la présente comprend des polymères naturels avec une base cellulosique, comme la cellulose du papier, le coton, la paille, etc. Dans un mode de réalisation préféré davantage, ce vieux papier contient des cendres (entre 15% et 40%) et des fibres cellulosiques (entre 60% et 85%) constituées d'un feuillu à fibres courtes (entre 70% et 80%) avec un conifère à fibres longues (entre 20% et 30%).

En parlant d'un vieux papier provenant d'un "papier de qualité supérieure", on désigne un vieux papier qui ne peut plus être remis en pâte ni recyclé par l'industrie du papier et du carton, comme le papier offset ou l'héliogravure de qualité supérieure, le papier pour magazines ayant des concentrations élevées de résines étanches à l'eau et d'encres résistantes à l'eau.

Étape a

L'étape a) du présent processus est exécutée dans un défibreur (2) en mettant les vieux papiers (1) habituellement de la taille d'une feuille de papier et ayant une consistance comprise entre 15 et 20% dans de l'eau courante. Cette étape a) peut être effectuée en présence d'enzymes, ce qui accélère le processus et améliore la défibrillation, à la température ambiante ou en maintenant la température comprise entre 25 et 40°C. Le pH doit être maintenu entre 5 et 9, de préférence autour de 7.

Dans un mode de réalisation préféré, lesdites enzymes sont des hydrolases.

20 Étape b)

A l'étape b), la matière déjà mise en pâte est introduite dans un contenant (3) avec de l'eau pour la dilution. 90% de cette eau est recyclée du collecteur (9) et 10% est de l'eau courante qui sert à compenser l'évaporation, réalisant ainsi une consistance de la matière comprise entre 10 et 5%.

25 Étape c)

Le mélange obtenu à l'étape b) est mis dans un contenant (4) avec un mécanisme agitateur. Là, la pâte est traitée avec des enzymes (entre 0.05%-1% de matière sèche DM-). La température est contrôlée (entre 25-50°C) et le pH est contrôlé (entre 6 et 9) pour initier la réaction enzymatique de façon optimale.

30 Dans un mode de réalisation préféré, lesdites enzymes sont des oxydoréductases et des laccases.

Étape d)

Entre une demi-heure et une heure plus tard, des sels inorganiques, de préférence des sels d'aluminium et le mieux le sulfate d'aluminium, et une ou plusieurs colles naturelles comprenant des acides résiniques naturels, comme l'acide

abiétique, ou ses esters avec du glycérol ou ses sels de sodium ou ses sels d'ammonium quaternaire, sont ajoutés en une quantité comprise entre 1 et 5% de DM. A cette étape, le pH est préférablement maintenu au pH 7 et la température est comprise entre 25 et 50°C.

5 La concentration d'enzymes de l'étape c) et d'additifs de l'étape d), déterminera la variabilité des propriétés mécaniques.

Etape e)

Le mélange obtenu à l'étape d) est ensuite introduit dans un second contenant (5) avec de l'eau pour dilution, où ladite eau est l'eau recyclée du collecteur
10 (9). Ladite dilution permet d'obtenir une matière ayant une consistance comprise entre 1 et 3%, de préférence d'environ 1%, à un pH 6-9 et à une température de 25-40°C.

Etape f)

Le produit obtenu en e) est filtré sous vide dans un moule (6). Le filtrat d'eau est recueilli dans un contenant (9) et alimenté de nouveau au procédé,
15 notamment dans les contenants (3) et (5).

Éventuellement, le produit solide obtenu du filtre (6) est pressé dans une presse (7) pour obtenir une matière plus compacte.

Etape g)

Le produit obtenu à l'étape f) est retiré du moule puis introduit dans une
20 résistance de séchage à air forcé (8), pendant quelques minutes à 150°C. Puis un gradient décroissant de 1°C/min jusqu'à 80°C est appliqué et maintenu pendant 60 à 120 minutes (en fonction de la forme et du modèle de la matière) pour déshydrater et durcir le produit final (10).

La présente invention concerne aussi le produit obtenu par le processus de
25 la présente invention.

Ledit produit, étant une matière cellulosique, présente les caractéristiques révélées par les tests suivants :

- la perméabilité à l'air
- l'absorption d'eau (méthode Cobb₃₀)
- 30 - l'absorption d'eau par immersion et déformation
- l'hygroexpansion
- l'isolation acoustique aux bruits d'impact
- l'isolation acoustique aux bruits aériens
- le comportement au feu
- 35 - la densité

- la résistance à la traction
- la résistance à la compression
- la résistance à la flexion

5 Une brève description ou référence est faite pour chaque test comme suit.

Détermination de la perméabilité à l'air

La perméabilité à l'air a été déterminée d'après la norme UNE 57-066-86.

10 La méthode détermine le volume moyen d'air qui traverse une unité de surface par élévation de la pression et unité de temps. Elle est exprimée en $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$ et calculée comme suit :

$$\text{Perméabilité} = \frac{V}{1000 \cdot A \cdot \Delta P \cdot t} \quad (1)$$

15

où :

V : volume de l'air traversant la surface durant le test (ml)

A : surface du test (m^2)

T : durée du test (s)

20 ΔP : différence de pression (Pa)

Le test a été effectué avec un appareil Bekk.

Méthode

25

Placer un échantillon de 15x15 mm dans un appareil de mesure. A l'aide d'un manomètre, ajuster 100 ml d'air sur l'échantillon, permettant à l'air de traverser l'échantillon et de contrôler le temps requis.

Le temps est exprimé en secondes Bekk.

30

Détermination de l'absorption d'eau. Méthode Cobb₃₀.

Le test est effectué d'après la norme UNE 54-027-74.

35 L'absorption d'eau est exprimée en grammes par mètre carré et calculée comme suit :

10

$$C_{30} = 200 \cdot m \quad (2)$$

où :

C_{30} : indice de Cobb en 30 secondes ou pouvoir d'absorption de l'eau par unité de surface durant 30 secondes (g/m^2).

M : augmentation du poids (g)

L'appareil utilisé pour le test est décrit dans la norme UNE 54-027-74

Méthode

Peser un échantillon d'essai. Il doit peser moins que 100g avec une approximation pondérée en dessous de 1 mg.

Placer l'échantillon avec le tissu (la surface en contact avec le papier filtre) dans l'appareil. Fixer l'échantillon et verser 70 cm^3 d'eau à $20^\circ \pm 1^\circ\text{C}$. A partir de ce moment, le temps est chronométré à l'aide d'un chronomètre. Après 20 secondes, renverser l'appareil pour en retirer l'eau et extraire l'échantillon. Mettre l'échantillon entre deux feuilles de papier buvard et enrouler avec un rouleau à pâtisserie pour éliminer l'excès d'eau.

Peser finalement l'échantillon avant que l'évaporation partielle n'ait lieu.

Détermination de l'absorption d'eau et de l'augmentation de l'épaisseur au moyen de l'immersion dans l'eau

Le test est entrepris d'après la norme UNE 57-112-79.

Méthode

Préparer les échantillons à tester à 23°C et 50% d'humidité relative. Peser et mesurer l'épaisseur de l'échantillon. Submerger les échantillons dans de l'eau distillée en position verticale durant $24\text{h} \pm 15\text{minutes}$.

Retirer l'échantillon de l'eau et, en le tenant par un angle, laisser drainer pendant 2 minutes tout l'excès d'eau. Peser et mesurer finalement l'épaisseur de l'échantillon.

L'absorption relative de l'eau est calculée comme suit :

$$A_r = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \quad (3)$$

où :

A_r : absorption relative de l'eau (%)

m_1 : poids de l'échantillon conditionné avant l'immersion dans l'eau (g)

m_2 : poids de l'échantillon après l'immersion dans l'eau (g)

5 L'augmentation relative de l'épaisseur est également calculée comme suit :

$$E_r = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100 \quad (4)$$

où :

E_r : augmentation relative de l'épaisseur (%)

10 t_1 : épaisseur de l'échantillon conditionné avant l'immersion dans l'eau (mm)

t_2 : épaisseur de l'échantillon après l'immersion dans l'eau (mm)

Le prolongement/raccourcissement de longueur subi par un échantillon lorsque l'humidité change (hygroexpansivité) est déterminé. Il est exprimé en 15 pourcentage. Le test est effectué d'après la norme UNE 57-097-78.

Méthode

Introduire les échantillons dans un contenant ayant une humidité relative 20 de $45 \pm 2\%$. En atteignant l'équilibre (au moins 12 heures), mesurer l'épaisseur, la largeur et la longueur. Par la suite, introduire l'échantillon dans un contenant ayant une humidité relative de $83 \pm 2\%$ et lui permettre d'atteindre l'équilibre de nouveau (12 heures). Finalement, faire les mêmes mesures qu'avant.

Les résultats sont exprimés comme suit :

$$25 \quad X = 100 \frac{l}{l_0} \quad (5)$$

où :

X : augmentation relative de l'épaisseur, de la largeur et/ou de la longueur (%)

l : augmentation de l'épaisseur, de la largeur et/ou de la longueur (mm) des échantillons

30 l_0 : épaisseur, largeur et/ou longueur de l'échantillon avec une humidité relative de 45% (mm)

P

Mesure de l'amélioration de l'isolation acoustique aux bruits d'impact

Le test des bruits d'impact est effectué d'après la norme UNE-74040/8 qui est équivalente à la norme ISO 140-8.

5

Le niveau de pression acoustique pondéré (L_{row}) est calculé sur la base de la norme UNE 21314/75 qui est équivalente à la norme ISO 717-2.

Méthode

Pour évaluer le pouvoir isolant des bruits d'impact d'une matière, deux
10 chambres adjacentes verticales appelées chambres d'émission et de réception sont utilisées.

Les deux chambres sont séparées par une structure plancher/plafond normalisée où le panneau isolant à tester est installé. La pression acoustique est mesurée sur différentes zones des échantillons à tester :

15 M_0 : structure de base M_1 : parquet sans panneau M_2 : parquet avec panneau M_3 : parquet sans panneau et avec charge M_4 : parquet avec panneau et avec charge.

20 Le plancher de la chambre d'émission est une structure ayant une superficie (M_0) de 20 m^2 faite en béton armé de 120 mm d'épaisseur. Cette structure repose au-dessus de la chambre de réception. Entre la dalle et les parois existe une couche de néoprène.

Les tests sont effectués sur un parquet avec et sans panneau, avec et sans
25 charge de 30 Kg/m^2 (M_1 , M_2 , M_3 , M_4). Le parquet est fait de bandes de mélamine collées de $1,264 \text{ m}^2$. Le parquet à panneau est du même type que celui mentionné ci-dessus avec 90 feuilles dont les dimensions sont $12 \times 12 \times 0,7 \text{ cm}$. Les feuilles sont collées avec la même colle utilisée pour coller le parquet au béton armé. La source de bruits d'impact est placée au-dessus des échantillons (machine de type Bruel 3204
30 comme spécifié par les normes).

Dans la chambre de réception ($50,48 \text{ m}^3$), la pression acoustique est mesurée (L_{r}) à l'aide de microphones. Les 3 microphones utilisés sont positionnés à différentes hauteurs aléatoires.

Les conditions environnementales du test sont une température de 22°C et une humidité relative de 65%.

Les amplitudes et les mesures sont définies comme suit :

- le niveau de pression acoustique (L_n) avec un bruit normalisé à chacune des fréquences analysées est défini par l'expression suivante :

$$L_n = L_{no} + 10 \log \frac{A}{A_0} \quad (6)$$

10 où :

L_{no} : Niveau de pression acoustique à chaque bande de fréquence dans la chambre de réception (dB).

A : Surface d'absorption équivalente mesurée dans la chambre de réception (m^2).

A_0 : Surface de structure (m^2).

15

- La définition de l'amélioration de l'isolation des bruits d'impact (ΔL) à une bande de fréquence déterminée est : réduction du niveau de pression des bruits d'impact normalisé résultant après la fixation des panneaux à la structure plancher/plafond des deux chambres adjacentes. Ceci est résumé comme suit :

$$20 \quad \Delta L = L_{no} - L_n \quad (7)$$

où :

L_{no} : Niveau de pression des bruits d'impact normalisé dans la chambre de réception sans panneaux (dB).

25 L_n : Niveau de pression des bruits d'impact normalisé dans la chambre de réception avec panneaux (dB).

30 La source de bruits d'impact est placée en 5 positions différentes de la surface testée. Les mesures du niveau de pression acoustique sont faites dans la chambre de réception. Pour chaque position, 3 mesures du niveau de pression acoustique sont faites.

La mesure du temps d'intégration est 5 secondes pour chaque lecture. L_{no} et L_n sont pris en temps réel avec un analyseur du spectre. Les bandes de fréquence du spectre entre 100 et 5000 Hz sont analysées en 1/3 octaves.

Le niveau de pression acoustique pondéré (L_{now}) est utilisé pour obtenir un niveau de pression acoustique normalisé, qui prend en considération la sensibilité de l'oreille humaine aux fréquences du son.

L'amélioration pondérée de l'isolation des bruits d'impact, ΔL_w , est la différence entre le niveau de pression acoustique pondéré de référence et le niveau de pression acoustique pondéré de l'échantillon :

$$\Delta L_w = L_{now} - L_{nw} \quad (8)$$

où :

10 L_{now} : Niveau de pression acoustique pondéré de référence (dB).

L_{nw} : Niveau de pression acoustique pondéré de l'échantillon (dB).

Mesure de l'amélioration de l'isolation des bruits aériens

15 Le pouvoir isolant des bruits aériens de la matière a été déterminé de deux façons : le coefficient théorique d'isolation des bruits aériens (R) et le coefficient d'absorption acoustique expérimental (α) déterminé par le tube de Kundt.

Coefficient d'isolation des bruits aériens (R)

20

Ce coefficient est calculé théoriquement avec les données obtenues dans le test d'isolation des bruits d'impact.

D'après la norme NBE-CA-88, l'amélioration de l'isolation des bruits aériens de la matière est comme suit :

25

$$L_{nw} = 135 - R \quad (9)$$

où :

L_{nw} : niveau de pression acoustique pondéré des bruits d'impact (dB)

R : isolation mesurée des bruits aériens (dB).

30

Le coefficient R est une mesure qui associe des niveaux d'intensité acoustique entre deux espaces séparés par la matière à étudier. Les normes relatives au niveau acoustique dans le domaine de construction et des bâtiments se fondent sur ce paramètre.

35



Détermination du coefficient d'absorption acoustique par le tube de Kundt

Le coefficient d'absorption acoustique expérimental (α) est déterminé d'après la norme EN-ISO 110534-1.

5 La mesure est faite d'après la méthode des ondes stationnaires. Un haut-parleur émet un son à l'intérieur d'un tube aux dimensions déterminées. Sur une extrémité, existe un analyseur connecté à un microphone qui peut coulisser le long de l'intérieur du tube. L'échantillon réfléchit les ondes émises par le haut-parleur produisant des ondes stationnaires à l'intérieur du tube. Les ondes stationnaires
10 peuvent être capturées par le microphone. En mesurant le niveau de pression acoustique maximal et minimal, le coefficient d'absorption de l'échantillon peut être calculé. Le coefficient sera spécifique de l'onde incidente d'un angle de zéro degré.

L'oreille humaine est sensible aux fréquences de 20 à 20.000 Hz. Les fréquences les plus courantes dans l'environnement sont autour de 1000 et 5000 Hz.
15 Ces gammes de fréquence sont celles pouvant être perturbantes.

Méthode

Placer un échantillon de 9cm ou de 3cm sur une extrémité du tube (en fonction du tube de Kundt à utiliser). Placer un microphone à la surface de l'échantillon (le signal maximal en dB peut être lu sur un analyseur). Par la suite, le
20 faire glisser le long du tube jusqu'à ce que l'on retrouve le signal minimal de l'onde stationnaire. Le coefficient d'absorption peut être obtenu grâce à la différence entre le niveau de pression minimal et maximal. Répéter ce processus pour chaque fréquence.

Tube de Kundt haute fréquence (Standing Wave Apparatus type 4002, Bruel & Kjaer) ayant un diamètre intérieur de 30mm et une longueur de 280mm.
25 Bande haute fréquence : entre 800 et 6500 Hz.

Tube de Kundt basse fréquence, ayant un diamètre intérieur de 90mm et une longueur de 170mm. Bande basse fréquence : entre 90 et 1800 Hz.

Etude du comportement au feu

30

Le test du comportement au feu est effectué d'après la norme UNE 23-721-90.

La norme définit une méthode de tester le comportement au feu applicable à toutes les matières simples ou de construction et de bâtiment indépendamment de
35 leur épaisseur.

Le test est entrepris dans une chambre d'irradiation.

Méthode

5 Un échantillon de 400 x 300 mm est préparé. Il est introduit dans la chambre d'irradiation où il est soumis au rayonnement durant 20 minutes à 300°C. Pendant ce temps, des gaz sont émis et la flamme est produite.

Densité

10

La densité est une mesure de la masse par unité de volume et est déterminée d'après la norme EN 323. Plus la densité d'un objet est élevée, plus sa masse par volume l'est.

15 $\rho = m/V$ (10)

ρ : Densité
 m : Masse
 V : Volume

20 $V = r \cdot d^2 \pi$ (11)

V : Volume
 r : rayon
 d : épaisseur

25 Les échantillons sont abandonnés pendant 12 heures à 23°C et avec une humidité relative de 50%.

Par la suite, leur poids est mesuré avec une balance et le volume est calculé en mesurant les dimensions de la matière. La densité est déterminée en mesurant la masse totale et en la divisant par le volume total.

30 La densité de la matière révélée dans la présente est inférieure à 0.500 g/cm³ lorsque la matière n'est pas pressée et égale ou supérieure à 0.700 g/cm³, mais inférieure à 1, quand pressée.

Résistance à la traction

35

La résistance à la traction est mesurée d'après la norme ISO 1924-1:1992. En général, la résistance à la traction détermine la force requise pour tirer une matière

jusqu'au point de rompre. Ceci révèle un paramètre très important notamment dans les domaines du génie mécanique et de la science des matériaux.

En particulier, la résistance à la traction d'une matière est la quantité maximale de contrainte de traction, qu'il est possible d'appliquer avant la rupture ; la définition du mot rupture étant variable.

Les trois définitions typiques de la résistance à la traction sont les suivantes :

- 10 • Limite d'élasticité : la contrainte qu'un matériau peut supporter sans subir de déformation permanente
- Résistance à la traction : la contrainte maximale qu'un matériau peut supporter
- 15 • Résistance à la rupture : la coordonnée de la contrainte sur la courbe contrainte-déformation au point de rupture

Les différentes définitions de résistance à la traction sont illustrées dans la figure 2.

La progression de la courbe dépend fortement du matériau, en raison de sa résistance, fragilité ou élasticité.

La résistance à la traction est mesurée en unités de force par unité de surface ; les unités sont Newtons par mètre carré (N/m²) ou Pascals (Pa). Les valeurs utiles pour représenter la courbe contrainte-déformation sont calculées d'après les formules 12 et 13.

25

$$\sigma = \frac{F}{d \cdot b} \quad (12)$$

30

σ = tension
 F = force
 d = épaisseur
 b = largeur

35

$$\epsilon = \frac{D}{L} \quad (13)$$

ϵ = déformation
 D = déplacement

l = longueur initiale

Pour analyser la résistance à la traction du matériau, des disques ayant un diamètre de 18cm sont utilisés. D'après les normes, six échantillons sont découpés de ces disques pour effectuer les mesures, de telle sorte que la valeur résultante représente la moyenne de six tests individuels.

Les dimensions des échantillons sont données dans la figure 3.

Les échantillons sont fixés avec des attaches ; la distance entre les attaches étant 63 mm exactement. La vitesse mesurée est 1mm/min.

Les tests sont effectués sur une machine d'essai de la traction de la marque ADAMEL LOMARGHI.

Résistance à la compression

La résistance à la compression est le pouvoir d'un matériau de supporter des forces de compression dirigées axialement. Lorsque la limite de la résistance à la compression est atteinte, les matériaux normalement s'écrasent.

Pour déterminer la résistance à la compression, une contrainte de compression est appliquée au matériau, occasionnant son compactage ou une réduction du volume. Le chargement d'un élément structurel ou d'un spécimen augmentera la contrainte de compression jusqu'à atteindre la résistance à la compression.

La contrainte de compression est exprimée en unités de contrainte (force par unité de surface).

25
$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{14}$$

σ = tension
 F = force
 A = surface

30
$$\epsilon = \frac{D}{d} \tag{15}$$

ϵ = déformation
 D = déplacement
 d = épaisseur

35

Pour mesurer la résistance à la compression, les échantillons sont produits avec un diamètre de 9 cm approximativement et une épaisseur d'environ 1 – 1,3 cm.

La charge maximale affichée par un appareil d'essai est 8000 N, par conséquent la superficie des échantillons est réduite à 400mm² (figure 4) pour obtenir 5 des résultats valables.

La limite de déplacement affichée par l'appareil d'essai est 4mm, de ce fait aucune valeur maximale n'est obtenue durant les mesures. Les échantillons sont comparés par la quantité de déformation pour une certaine charge de compression. Les tests sont effectués avec une vitesse de 2.5mm/min.

10 Quant à la résistance à la traction, la résistance à la compression doit être déterminée d'après les données extraites par l'appareil d'essai (Tensile test machine ADAMEI LOMARGH).

Résistance à la flexion

15 La résistance à la flexion est également connue par module de rupture ou résistance à la rupture. Ce paramètre mécanique est mesuré en référence à la norme ISO 178-2001, et est défini comme le pouvoir d'un matériau de résister à la déformation sous charge.

Ce test emploie une tige ayant une section rectangulaire, qui est pliée jusqu'à la rupture dans l'essai de flexion en trois points. La résistance à la flexion représente la contrainte 20 la plus forte subie à l'intérieur du matériau au moment de sa rupture. Elle est mesurée en termes de contrainte, exprimée ici par le symbole σ .

Calcul de la résistance à la flexion σ_f

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Dans ces formules, les paramètres suivants sont utilisés :

- 25
- σ_f contrainte dans les fibres externes au point médian, (MPa)
 - P charge en un point donné de la courbe charge-déformation, (N)
 - L étendue du support, (mm)
 - b largeur de la poutre d'essai, (mm)
 - d profondeur de la poutre d'essai, (mm).

La résistance à la flexion d'une matière comprimée révélée dans la présente est supérieure à 30 MPa.

Les résultats de ces tests mènent à la conclusion que le produit obtenu par le processus révélé dans la présente invention affiche les caractéristiques suivantes : une résistance au feu, une isolation thermique et acoustique, des caractéristiques d'étanchéité, une stabilité dimensionnelle, une faible densité, une résistance mécanique élevée, une dureté semblable à celle du bois mais le produit étant toujours susceptible d'être moulé, malléable et recyclable.

En raison de ces propriétés trouvées dans le produit obtenu par le processus dévoilé dans la présente invention, ledit produit sert à différents usages.

Un premier usage est comme matériau de construction et des bâtiments, par exemple comme isolant pour parquet, mur de séparation ou plancher isolant.

Un second usage est comme matériau d'emballage spécial et écologique.

Un troisième usage est comme matériau éco-décoratif.

Le terme "matériau éco-décoratif", tel utilisé dans la présente, signifie un matériau pouvant être utilisé dans la décoration et/ou la rénovation qui doit être recyclé et qui est recyclable, ou provenant d'un processus de revalorisation des déchets.

Le présent produit est avantageusement écologique surmontant les inconvénients de certains produits utilisés à ces fins, comme le polystyrène expansé ou les produits ayant une faible consistance et plus fragiles, comme les plaques de plâtre ou les matériaux découlant d'une production moins écologique en raison de la formation de VOCs, comme un panneau aggloméré.

Usages dans l'industrie de construction et des bâtiments

Les propriétés affichées par le matériau quand moulé sont les suivantes : une résistance supérieure à celle des éléments obtenus dans le processus actuel de moulage de fibres, des propriétés ignifuges et d'étanchéité, une isolation thermique et acoustique, ce qui permet de remplacer les parties plastiques utilisées dans l'industrie de construction et des bâtiments.

Le marché du polystyrène expansé dans l'industrie de construction et des bâtiments est immense. Les éléments aux propriétés spéciales développés, moulés avec le nouveau matériau pour remplacer le polystyrène expansé sont les suivantes :

Panneaux et murs préfabriqués

Ce nouveau matériau peut être utilisé comme composant des panneaux et murs préfabriqués, et dans tous les genres de plaques (plâtre, puces, fibres, etc.)

Ce matériau peut être exploité dans cette application, pour les panneaux
5 spéciaux envisagés (étanches et ignifuges).

Voûtes, planchers à dalle pleine nervurée et Pan Slabs

Ce matériau allège le poids de la structure et en même temps réduit la consommation de béton.

Panneaux de plafond

10 Les propriétés d'isolation thermique et acoustique sont nécessaires pour cette application, en priorité il est possible de produire un fini de surface aux qualités requises pour une peinture immédiate.

Isolant de façade

Dans cette application, ce matériau face au polystyrène expansé présente
15 l'avantage d'être un matériau ignifuge.

Isolant de plancher et de plafond

Il existe de nombreuses façons d'utiliser le polystyrène expansé comme isolant de planchers et plafonds. Le nouveau matériau développé a la chance de faire partie des fonctions des différents composants nécessaires pour installer un parquet :
20 le parquet en soi en plus du matériau isolant, réduisant ainsi les défauts d'installation (plis, plancher élevé, etc.).

Usages dans l'industrie de l'emballage

Il existe 2 façons de réduire la contamination : renforcer le pouvoir national de recycler le produit en question ou réduire son emploi. Les différents succès
25 nationaux sur le plan du recyclage du papier et du carton expriment la volonté politique de réduire la consommation de plastique en faveur d'autres matériaux. Certains exemples proposés dans ce sens sont les suivants : la suppression des sacs en plastique dans les supermarchés en Espagne, la prohibition du polystyrène expansé dans l'emballage alimentaire en France, etc. De là, de nouvelles opportunités sont

offertes à l'emballage recyclable, et les propriétés d'étanchéité (propriétés de notre matériau) sont importantes.

Industrie de l'emballage : aliments, cosmétiques, appareils, et partout en 5 général. Les produits sont refusés en raison d'un emballage inapproprié. Comme la majorité est à emploi unique, les mesures et les règlements ont fini par dicter la réutilisation et le recyclage des matériaux.

Boîtes isothermiques pour le transport des produits alimentaires et médicaux.

Outre les propriétés requises d'isolation, le nouveau matériau affiche une 10 résistance mécanique supérieure, permettant des charges plus grandes.

Diverses applications du matériau moulé

Les éléments décoratifs et isolants, les protecteurs pour coins, les éléments d'affichage, l'artisanat, etc.

15 Les exemples suivants visent à illustrer davantage la présente invention et ne doivent pas être considérés restrictifs.

Exemple 1 : 8 kg de vieux papiers sont mis en pâte dans un défibreux avec de l'eau avec une consistance de 15%, durant 15 min. Après la dilution de la pâte jusqu'à une 20 consistance de 5% avec de l'eau recyclée, elle est introduite dans un réacteur chauffé avec une agitation mécanique. Un pourcent de DM d'un mélange d'enzymes contenant : 30% d'endocellulase (EC 3.2.1.4), 20% de xylanase (EC 3.2.1.8) et 50% de glucose-oxydase (EC 1.1.3.4) est ajouté à la pâte. L'agitation est maintenue à 300rpm pendant 30min, à 40°C et en contrôlant le pH à 7. Puis la vitesse est élevée jusqu'à 500rpm et 25 5% de DM de colle naturelle et de sels d'aluminium sont ajoutés. En maintenant la température à 40°C, on mélange durant 15 min à la même vitesse de rotation. Après ce traitement, la pâte est diluée jusqu'à une consistance de 1% puis elle est filtrée dans un filtre rectangulaire dont les dimensions sont 230 X 450mm. Le gâteau est retiré de son filtre et déposé dans un four à convection forcée. Ce four est initialement à 150°C et 30 suit un gradient de 1°C/min jusqu'à atteindre 80°C, restant à cette température jusqu'à ce que le gâteau sèche en entier (approximativement 5h). Approximativement, entre 15 et 20 plaques d'essai aux dimensions de 230x450x10mm sont obtenues. L'eau du filtrat est recyclée dans la première et la seconde dilution de la pâte au cours du

1

procédé. Le rendement en poids du matériau avec la DM initiale est 98%

Propriétés :

5 Résultats de la perméabilité à l'air : 0.0059 $\mu\text{m}/\text{Pa}\cdot\text{s}$

Résultat Cobb₃₀ : 49.6 g/m²

Absorption relative de l'eau (%) : 21.68

Augmentation relative de l'épaisseur (%) : 3.44

Augmentations relatives de l'épaisseur, de la largeur et de la longueur

10	$X_{\text{épaisseur}} (\%)$	$X_{\text{longueur}} (\%)$	$X_{\text{largeur}} (\%)$
	0	0	-0,9

Comportement au feu (figure 5)

L'échantillon testé présente une zone brûlée là où le rayonnement thermique a été appliqué. La combustion ne se propage pas au reste de l'échantillon. La matière est

15 réduite en cendres en l'absence presque de taches incandescentes.

Durant les 20 minutes du test, aucun gaz inflammable n'est émis (probablement la majorité du gaz étant le CO₂).

Les observations faites durant le test sont les suivantes :

- aucune brûlure
- 20 • aucune flamme
- aucun égouttement
- aucune tache incandescente
- les gaz émis ne sont pas gris clair inflammable (probablement CO₂).

La matière est classifiée par M1 (d'après la norme UNI 23-721-90). Ceci dépendra du

25 genre de gaz émis.

Exemple 2 : 8 kg de vieux papiers provenant de la collecte de carton d'emballage sont mis en pâte, en leur ajoutant 0,1% de DM d'endocellulase (EC 3.2.1.4), dans un défibreux avec de l'eau jusqu'à une consistance de 15% durant 15 min. La pâte est

30 ensuite diluée jusqu'à une consistance de 10% avec de l'eau recyclée et introduite dans un réacteur chauffé avec une agitation mécanique. Par la suite, 1% de DM de laccase (EC 1.10.3.2) est ajouté, en maintenant l'agitation à 300rpm pendant 30 min, à 40°C et

P

en contrôlant le pH à 6. Puis la vitesse est élevée jusqu'à 500rpm et une DM de 5% de colle naturelle contenant de la colophane et des sels d'aluminium est ajoutée. En maintenant la température à 40°C, elle est agitée durant 15 min à la même vitesse. Après ce traitement, la pâte est diluée jusqu'à une consistance de 1% puis filtrée dans un filtre rectangulaire aux dimensions de 230 X 450mm. Après sa filtration, le gâteau est pressé à 30 bars dans une presse électromécanique à une vitesse de 400N/s puis déposé dans un four à convection forcée. Ce four est initialement à une température de 150°C et suit un gradient de 1°C/min jusqu'à atteindre 80°C, restant à cette température jusqu'à ce que le gâteau sèche complètement (approximativement 5h). L'eau filtrée est recyclée dans la première et la seconde dilution de la pâte au cours du procédé. Le rendement en poids du matériau avec la DM initiale est 98%.

Propriétés :

Résistance à la traction

15 échantillon pressé : Tension 8 MPa
Déformation 1.6%

Résistance à la compression

échantillon non pressé : Tension 5.5 MPa
Déformation 40%

20 Densité : échantillon pressé 0.700 g/cm³
échantillon non pressé : 0.430 g/cm³

Exemple 3 : 8 kg de vieux papiers sont mis en pâte, en ajoutant 1% en DM d'endo, de 1-4 bêta xylanase (EC 3.2.1.8), dans un défibreur avec de l'eau (consistance 15%) durant 15 min. La pâte est ensuite diluée jusqu'à une consistance de 10% avec de l'eau recyclée et introduite dans un réacteur chauffé avec une agitation mécanique. Une DM 0.2% dans des hydrolases préparées avec de l'eau : endocellulase, hémicellulase et estérase est ajoutée à la pâte et la température est maintenue à 50°C durant 30min au pH 7. Puis la vitesse de rotation est élevée jusqu'à 500rpm et une DM de 5% de colle aqueuse contenant de la colophane et des sels d'aluminium est ajoutée. En maintenant la température à 40°C, on agite durant 15 min tout en maintenant la même vitesse. Après ce traitement, la pâte est diluée jusqu'à une consistance de 1% et filtrée ensuite avec un filtre de 450 X 320 X 200. Lorsque le gâteau est filtré et retiré du filtre, il est déposé dans un four à convection forcée. Ce four est initialement à 150°C et suit un gradient de 1°C/min jusqu'à atteindre 80°C, restant à cette température jusqu'à ce que

le gâteau sèche. L'eau du filtrat est recyclée dans la première et la seconde dilution de la pâte dans le procédé. Le rendement en poids du matériau avec la DM initiale est 90%.

5 Propriétés :

Résistance à la flexion

Echantillon pressé : 35 MPa

10 Résultats du niveau de pression acoustique pondéré normalisé :

Echantillon	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
L _{nw} (dB)	79	62	60	65	62
ΔL _{nw} (dB)	-1	16	18	13	16

La figure 6 montre le niveau de pression acoustique aux bruits d'impact pondéré normalisé (L_n) aux différentes fréquences pour les échantillons M₁ et M₂.

La figure 7 montre le niveau de pression acoustique aux bruits d'impact pondéré

15 normalisé (L_n) aux différentes fréquences pour les échantillons M₃ et M₄.

Coefficient α de l'échantillon

Fréquence (Hz)	2000	1600	1250	1000	800	700	600	500	400	300	200
α	0,426	0,39	0,242	0,249	0,242	0,237	0,26	0,247	0,18	0,337	0,655

La figure 8 montre les augmentations du coefficient aux fréquences comprises entre 250 et 2500 Hz. plage dans laquelle le bruit est gênant pour les humains.

REVENDICATIONS

1. Un processus de recyclage de vieux papiers provenant d'un papier de qualité supérieure, comprenant les étapes suivantes

- 5 a) la préparation de la pâte, où les vieux papiers sont alimentés dans un défibreux avec de l'eau avec une consistance comprise entre 15 et 20% ;
b) la dilution avec l'eau recyclée de la matière mise en pâte obtenue dans a) jusqu'à l'obtention d'une consistance comprise entre 5 et 10% ;

le processus se caractérise aussi par les étapes suivantes :

- 10 c) le traitement enzymatique de la matière mise en pâte diluée obtenue en b) ;
d) l'ajout d'un ou de plusieurs sels organiques et d'une ou de plusieurs colles à la matière obtenue dans le traitement c) ;
e) la dilution avec de l'eau de la matière obtenue en d) jusqu'à l'obtention d'une consistance comprise entre 1 et 3% ;
15 f) la filtration de la matière obtenue en e) sous vide et un pressage facultatif ;
g) le séchage de la matière filtrée obtenue en f) ;

où a lieu un retour d'une suspension d'eau résiduelle après la filtration à l'étape f) dans des contenants où les étapes b) et e) ont lieu.

20 2.- Un processus conformément à la revendication 1, où l'étape a) est exécutée en ajoutant aussi des hydrolases.

3.- Un processus conformément à l'une des revendications précédentes, où la température à l'étape a) varie entre 25 et 40°C et le pH varie entre 5 et 9.

25 4.- Un processus conformément à l'une des revendications précédentes, où le pH à l'étape e) varie entre 6 et 9.

5.- Un processus conformément à l'une des revendications précédentes, où la réaction enzymatique à l'étape e) est exécutée par des oxydoréductases et des laccases.

30 6.- Un processus conformément à l'une des revendications précédentes, où le sel inorganique utilisé à l'étape d) est le sulfate d'aluminium.

7.- Un processus conformément à l'une des revendications précédentes, où les colles utilisées à l'étape d) comprennent des acides résiniques ou leurs sels ou esters.

P

8.- Un processus conformément à l'une des revendications précédentes, où la consistance de la matière à la fin de l'étape e) est comprise entre 1 et 3%.

9.- Un processus conformément à l'une des revendications précédentes, où la température à l'étape e) varie entre 25 et 40°C et le pH varie entre 6 et 9.

5 10.- La matière cellulosique se caractérise par une densité inférieure à 0,500 g/cm³ lorsque la matière n'est pas pressée et égale ou supérieure à 0,700 g/cm³, mais inférieure à 1, quand pressée, par une résistance à la flexion lorsque la matière est pressée supérieure à 30 MPa et un comportement au feu correspondant à une matière M1 d'après la norme UNI: 23-721-90.

10 11.- L'utilisation du produit conformément à la revendication 10 comme matériau de construction et de bâtiment.

12.- L'utilisation du produit conformément à la revendication 10 comme matériau d'emballage écologique.

15 13.- L'utilisation du produit conformément à la revendication 10 comme matériau éco-décoratif.

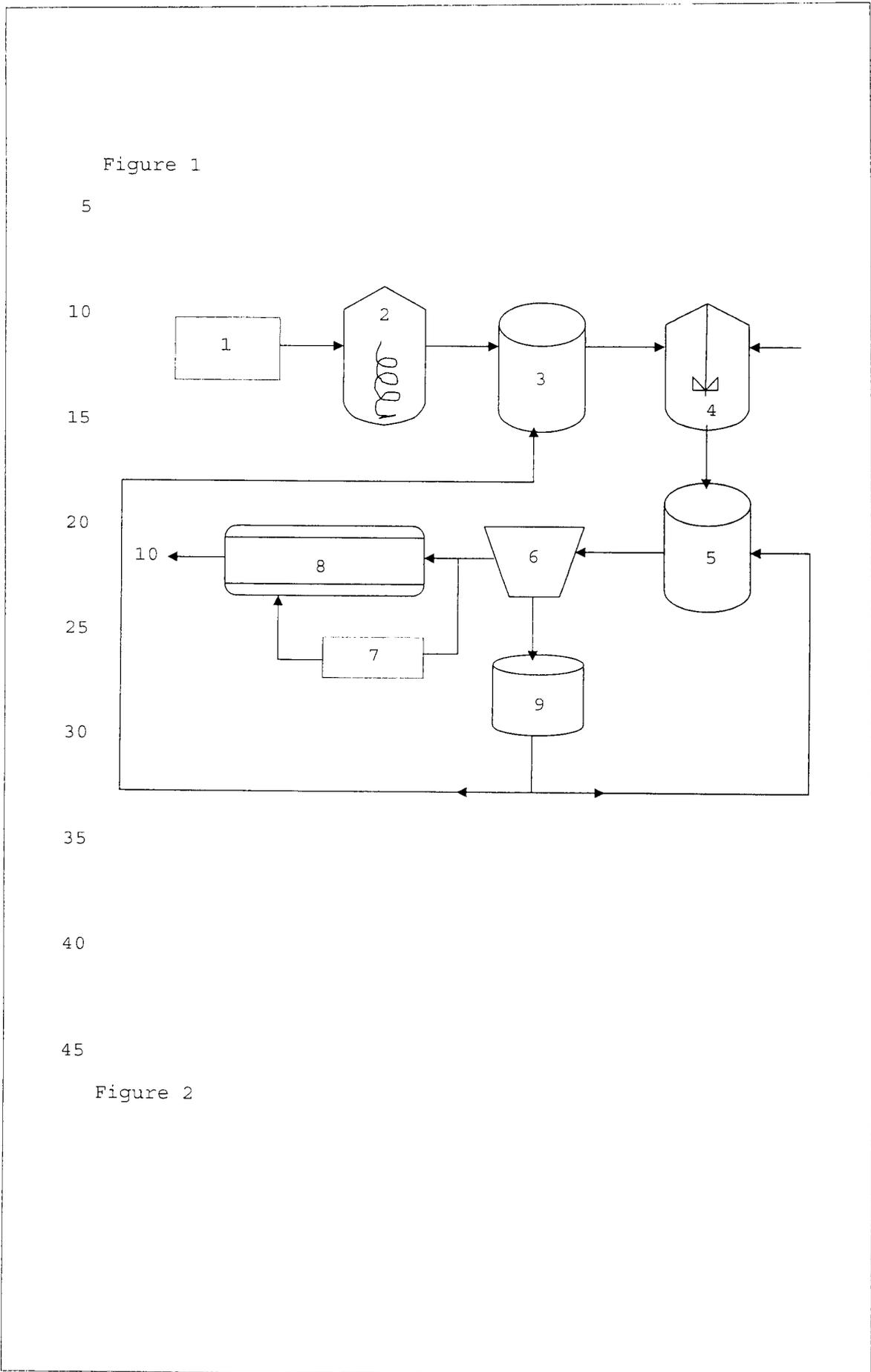


Figure 2

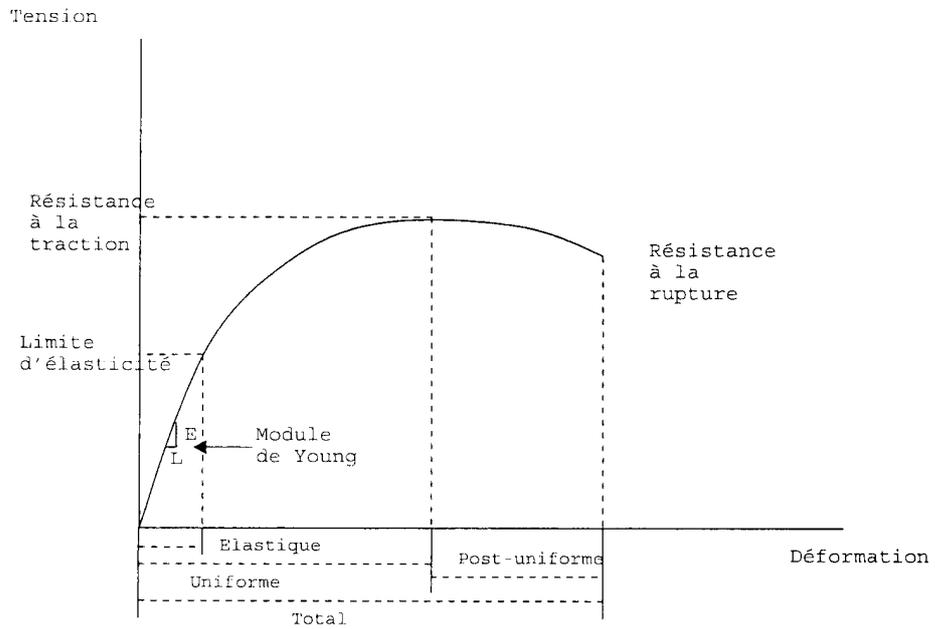
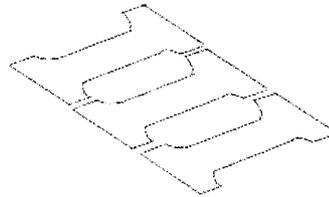
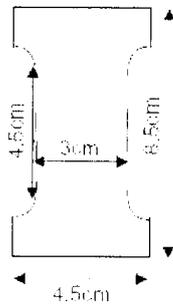


Figure 3

5

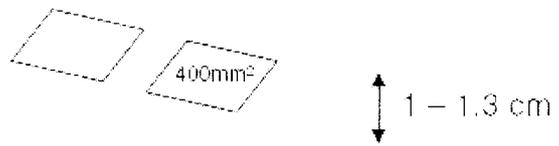


$\phi = 18\text{cm}$
 $\delta = 3\text{-}4\text{mm}$

10

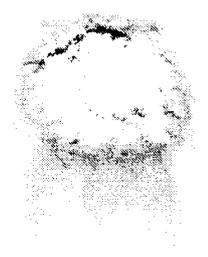
15

Figure 4



5

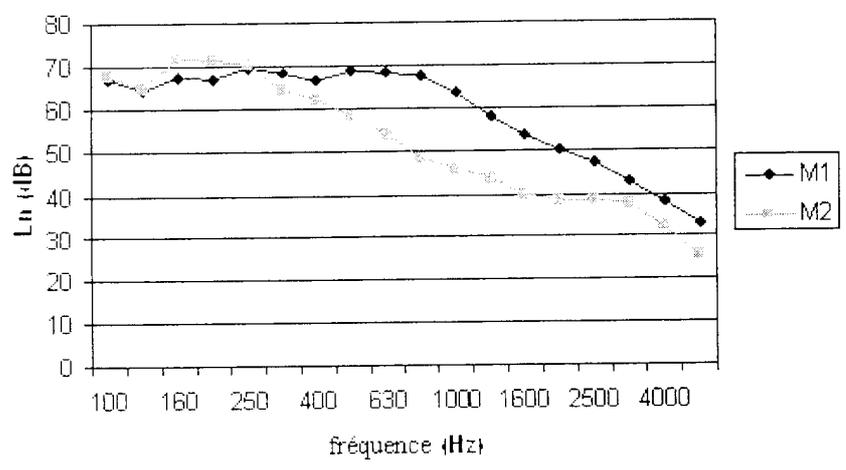
Figure 5



10

15

Figure 6



5

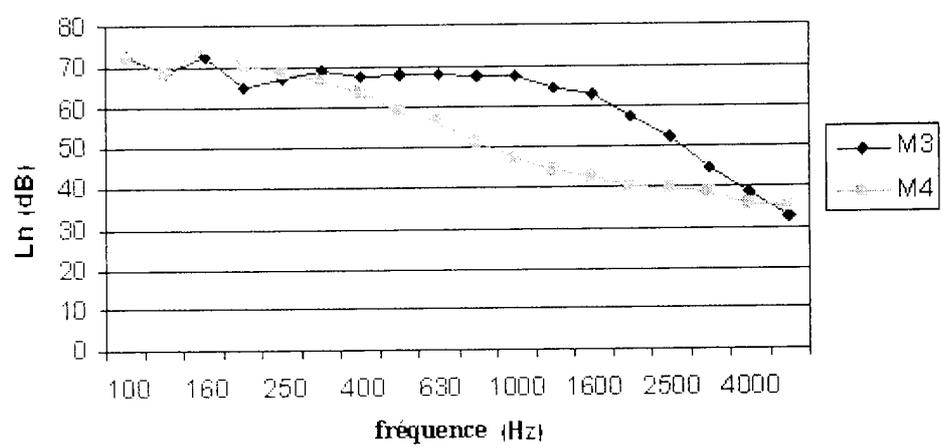
10

15

20

25 Figure 7

7



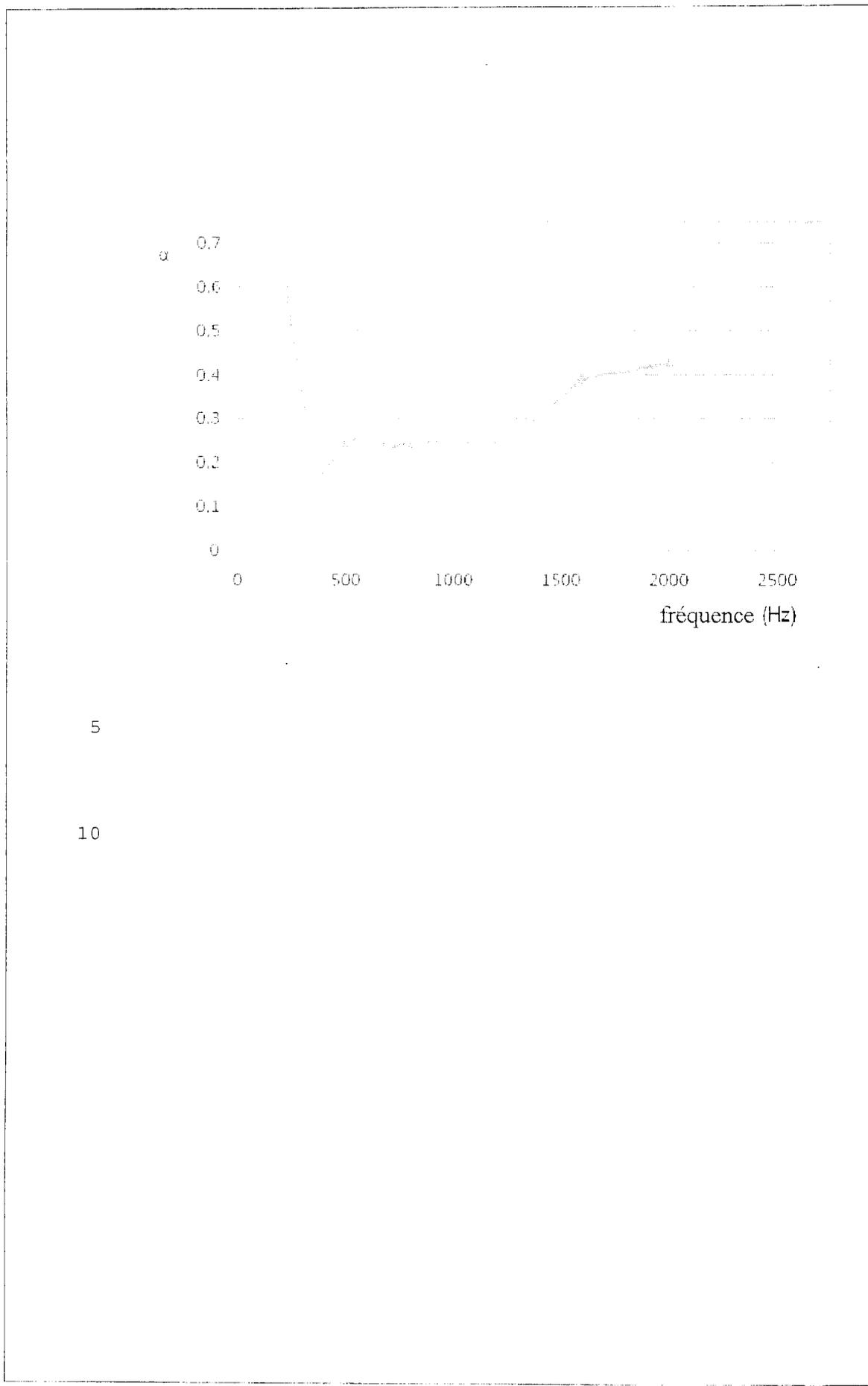
5

10

15

20

25 Figure 8



5

10

P