



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2006/01/27

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2006/07/28

(30) Priorité/Priority: 2005/01/28 (FR05/00885)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C08J 3/12* (2006.01),
C08L 77/02 (2006.01)

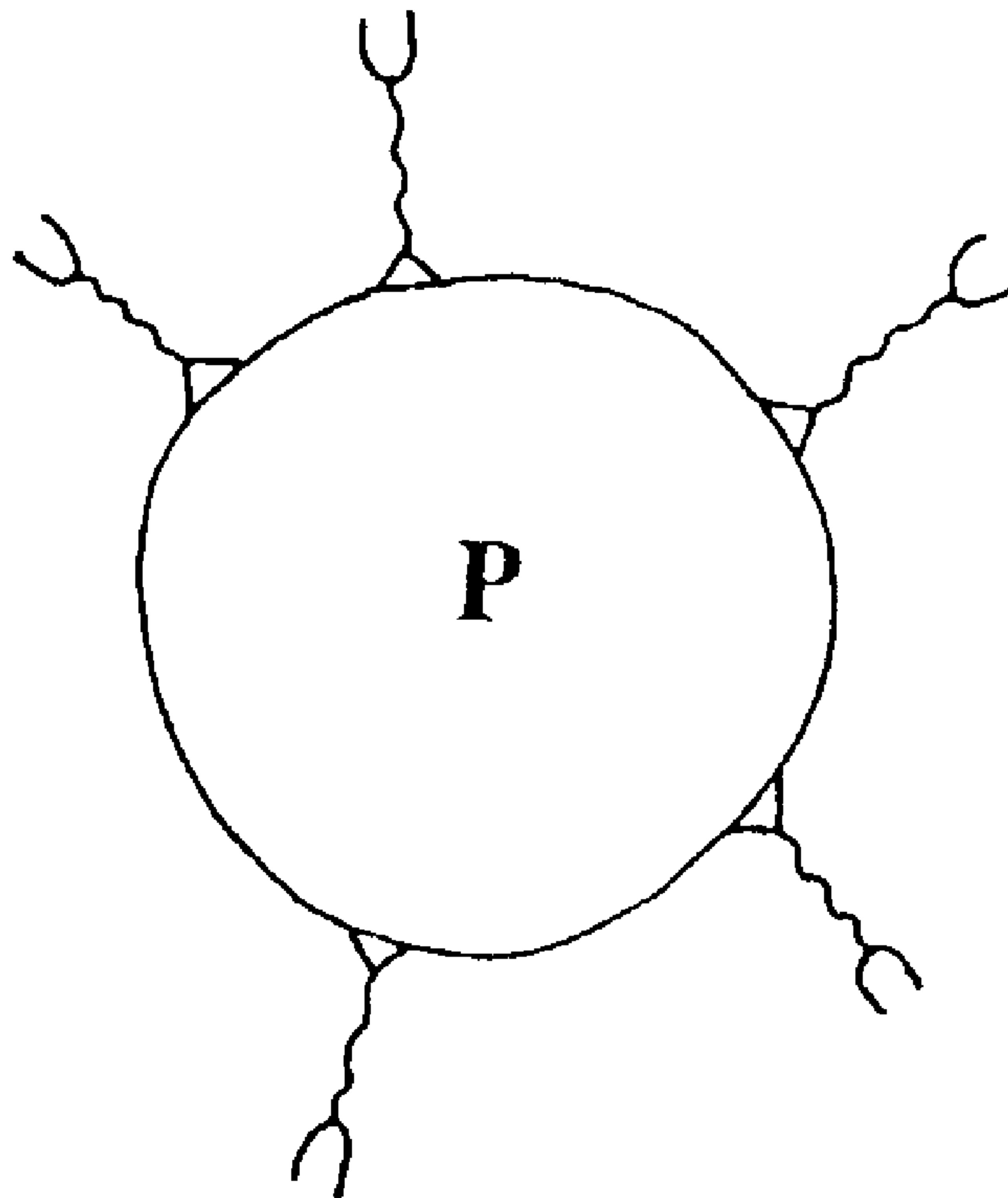
(71) Demandeur/Applicant:
ARKEMA, FR

(72) Inventeurs/Inventors:
LOYEN, KARINE, FR;
STER, HERVE, FR;
SENFF, HOLGER, FR;
FINE, THOMAS, FR

(74) Agent: OGILVY RENAULT LLP/S.E.N.C.R.L.,S.R.L.

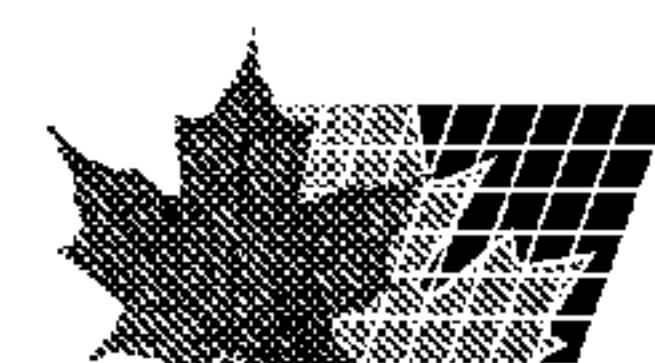
(54) Titre : GREFFAGE D'UNE POUDRE DE POLYAMIDE PAR IRRADIATION GAMMA

(54) Title: GRAFTING OF A POLYAMIDE POWDER BY MEANS OF GAMMA IRRADIATION



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention a pour objet un procédé de fabrication de particules de poudre de polyamide, copolyamide, polyoléfine, copolyesteramide ou des résines fluorocarbonées greffées en surface par au moins un monomère de greffage fonctionnalisé caractérisé en ce qu'il comprend : a) une étape de mélange des particules de poudre de polyamide ou copolyamide avec le monomère de greffage fonctionnalisé puis ; b) une étape d'irradiation photonique (γ) ou électronique (β) de la poudre imprégnée de monomère de greffage fonctionnalisé issue de a), ceci sous une dose comprise entre 0,5 et 15 Mrad. L'invention concerne également les particules ainsi greffées et les compositions contenant de telles particules.



PRÉCIS DE LA DIVULGATION

L'invention a pour objet un procédé de fabrication de particules de poudre de polyamide, copolyamide, polyoléfine, copolyesteramide ou des résines fluorocarbonées greffées en surface par au moins un monomère de greffage fonctionnalisé caractérisé en ce qu'il comprend : a) une étape de mélange des particules de poudre de polyamide ou copolyamide avec le monomère de greffage fonctionnalisé puis ; b) une étape d'irradiation photonique (γ) ou électronique (β) de la poudre imprégnée de monomère de greffage fonctionnalisé issue de a), ceci sous une dose comprise entre 0,5 et 15 Mrad. L'invention concerne également les particules ainsi greffées et les compositions contenant de telles particules.

GREFFAGE D'UNE POUDRE DE POLYAMIDE PAR IRRADIATION GAMMA

L'invention se situe dans le domaine des particules de poudres de polyamide
5 (abrégé PA) ou copolyamide (abrégé CoPA) bloc ou non notamment de
copolyesteramides, de polyoléfines (polyéthylène abrégé PE ou polypropylène abrégé
PP), de polyester ou de résines fluorocarbonées entre autres, greffées directement en
surface par des greffons qui sont des molécules au moins bi-fonctionnelles. Un CoPA
bloc est un PolyEtherBlocAmide (abrégé PEBA).

10 L'une des fonctions de ladite molécule permet de greffer cette molécule sur
une particule de polymères mentionnés ci-dessus.

L'autre fonction, libre, servira à compatibiliser, suivant sa nature chimique, la
particule greffée avec le milieu dans lequel cette dernière sera rajoutée par des liaisons
covalentes ou des liaisons physiques. Voire, elle permettra des réactions chimiques
15 entre la particule greffée et une autre molécule fonctionnalisée.

Dans le cadre des revêtements de surface tels que les revêtements UV-
réticulables, revêtements polyesters, revêtements polyuréthanes, revêtements
acryliques entre autre, il est important de disposer d'un matériau résistant à l'abrasion,
aux rayures et plus généralement d'améliorer les propriétés de résistance mécanique
20 du revêtement. Cette résistance est apportée par l'ajout dans ces milieux (milieu UV-
réticulable, polyester, polyuréthane, acrylique) d'éléments connus pour leurs
propriétés de résistance mécanique que sont les poudres de polyamide ou
copolyamide.

De même dans des milieux hydrophiles se pose le problème de la
25 compatibilité des poudres de PA ou CoPA hydrophobes que l'on rajoute à ces milieux.

Il existe des procédés de fonctionnalisation des poudres de polyamides pour
améliorer leur compatibilité avec des revêtements. Dans la plupart des cas, cela
consiste à introduire un composé fonctionnel dans le polymère au cours de sa
polymérisation. Cependant, la copolymérisation de ces composés fonctionnels est
30 souvent difficile à contrôler, entraînant des répartitions non homogènes. De plus, les
nombreuses étapes (broyage, séchage, tamisage, ...) du procédé doivent souvent être
adaptées afin de conserver la réactivité de ces composés fonctionnels jusqu'à
l'obtention de la poudre finale.

Il est donc important de disposer de particules de poudres de polymères, en particulier de PA ou CoPA, compatibles dans différents milieux, cette compatibilité pouvant être apportée rapidement, en peu d'étapes et à la carte en fonction des besoins du client sur un produit de base commercialisé en grande quantité: le polymère. Ce
5 procédé de compatibilisation doit être réalisable pour toutes les poudres de polyamides ou copolyamides, indépendamment de leur procédé d'obtention.

Le problème technique à résoudre est un problème de compatibilité entre ces milieux et lesdites poudres de polymères en particulier les poudres de PA ou de CoPA et conserver des principes actifs dans un même milieu sans que ceux-ci
10 puissent migrer hors dudit milieu.

La demanderesse a donc trouvé la possibilité d'ajouter à des milieux des particules de poudres, en particulier de polyamide ou copolyamide, rendues compatibles avec de tels milieux par un procédé de greffage situé en aval de la fabrication desdites poudres. Cette compatibilité est rendue possible grâce à un
15 procédé de greffage des particules de poudres par des greffons au moins bi-fonctionnalisés rendant réactives ou compatibles les particules de poudre vis à vis des milieux dans lesquelles elles pourront être rajoutées ultérieurement.

Dans le cas d'un milieu hydrophile par exemple, le greffage de la particule de polyamide ou copolyamide hydrophobe par un greffon à fonction hydrophile permet de
20 faciliter la dispersion de la particule dans ledit milieu, en apportant des propriétés hydrophiles à cette particule.

La fonctionnalisation de la poudre par greffage peut être utilisé pour modifier directement les propriétés de surface de la poudre de polymères, en particulier de polyamide ou de copolyamide.

25 L'invention a pour objet un procédé de fabrication de particules de poudre greffées en surface, caractérisé en ce qu'il comprend :

- a) une étape de mélange desdites particules de poudre avec au moins un monomère de greffage fonctionnalisé, les dites particules de poudre étant des particules de polyamide (PA), copolyamide (CoPA), de
30 PolyEtherBlocAmide (PEBA), de polyoléfine, de polyester ou de résines fluorocarbonées puis ;

b) une étape d'irradiation photonique (γ) ou électronique (β) de la poudre imprégnée de monomère de greffage fonctionnalisé issue de a), ceci sous une dose comprise entre 0,5 et 15 Mrad.

Selon un mode de réalisation, on effectue une étape c) après l'étape b) consistant à éliminer tout ou partie du monomère de greffage n'ayant pas été greffé sur la poudre lors de l'étape b).

Selon un mode de réalisation, les particules de poudre sont en polyamide, en copolyamide ou en PolyEtherBlocAmide (PEBA).

Selon un mode de réalisation, le monomère de greffage fonctionnalisé introduit au cours de l'étape a) est un monomère de greffage bi-fonctionnalisé, comprenant au moins une première fonction comportant au moins une insaturation éthylénique susceptible de réagir avec la particule à greffer et au moins une seconde fonction réactive par liaison covalente ou physique.

Selon un mode de réalisation, on effectue une étape d) après l'étape c) consistant à introduire un second greffon au moins mono-fonctionnalisé comprenant au moins une fonction susceptible de réagir avec la seconde fonction du monomère de greffage bi-fonctionnalisé.

Selon un mode de réalisation, la seconde fonction réactive du monomère de greffage bi-fonctionnalisé introduit au cours de l'étape a) est choisie parmi une fonction acide carboxylique et ses dérivés, ester, anhydride, chlorure d'acide, amide, cétone, isocyanate, oxazoline, époxyde, amine ou hydroxyde.

Selon un mode de réalisation, le monomère de greffage bi-fonctionnalisé introduit au cours de l'étape a) est l'anhydride maléique ou l'anhydride méthacrylique.

L'invention a également pour objet une particule de poudre de polyamide (PA), copolyamide (CoPA), de PolyEtherBlocAmide (PEBA), de polyoléfine, de polyester ou de résines fluorocarbonées, greffée en surface par au moins un monomère de greffage fonctionnalisé par au moins une fonction réactive.

L'invention peut aussi être relative à une particule de poudre de polyamide (PA), de copolyamide (CoPA), de PolyEtherBlocAmide (PEBA), de polyoléfines, de polyester ou des résines fluorocarbonées, greffée en surface par au moins deux monomères de greffage fonctionnalisés chacun par au moins une fonction réactive différente.

Selon un mode de réalisation des particules, les monomères de greffage fonctionnalisés est un monomère de greffage au moins bi-fonctionnalisé, comprenant au moins une première fonction comportant au moins une insaturation éthylénique susceptible de réagir avec la particule à greffer et au moins une seconde fonction
5 réactive susceptible de réagir par liaison covalente ou physique.

Selon un mode de réalisation des particules, le monomère de greffage au moins bi-fonctionnalisé est lié à un second greffon au moins mono-fonctionnalisé, ledit greffon comprenant au moins une fonction susceptible de réagir avec la seconde fonction du monomère de greffage bi-fonctionnalisé par l'intermédiaire d'une liaison
10 covalente ou physique.

Selon un mode de réalisation, la particule de poudre de polyamide est choisie parmi le PA6, le PA6-6, le PA11 et le PA12.

Selon un mode de réalisation des particules, la fonction réactive du ou des monomère(s) de greffage fonctionnalisé(s) est choisie parmi une fonction acide
15 carboxylique et ses dérivés, ester, anhydride, chlorure d'acide, amide, cétone, isocyanate, oxazoline, époxyde, amine ou hydroxyde.

Selon un mode de réalisation des particules, le monomère de greffage fonctionnalisé est fonctionnalisé par au moins une fonction réactive à propriétés biocides et/ou biostatiques.

20 L'invention a aussi trait à une composition comprenant des particules telles que décrites précédemment.

Elle est également relative à l'utilisation de particules de poudre telle que décrites précédemment pour améliorer l'adhésion des particules de polymères, en préférence en PA, CoPA ou PEBA, sur substrats tels que papier, cellulose, substance
25 kératinique de la peau, cheveux, ongles et poils.

Selon un mode de réalisation, elle concerne l'utilisation de particules de poudre telles que décrites plus haut dans des compositions cosmétiques pour améliorer l'effet glissant et/ou l'effet soyeux.

Selon un mode de réalisation, elle concerne l'utilisation de particules de
30 poudre telles que décrites plus haut pour favoriser l'effet peau de pêche.

Selon un mode de réalisation, elle concerne l'utilisation de particules de poudre caractérisée en ce que le second greffon au moins mono-fonctionnalisé est choisi parmi les filtres UV, les anti-radicaux libres, les hydratants, les colorants, les

auto-bronzants, les nano-particules (diamètres élémentaires des grains $\leq$ à 100nm) recouvertes en surface par un traitement compatible avec la seconde fonction du monomère de greffage au moins bi-fonctionnalisé.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'aspects préférés faisant référence aux figures suivantes :

La **FIG.1** représente une particule (P) greffée en surface par un premier greffon bi-fonctionnalisé, en coupe transversale.

La **FIG. 2** représente, toujours en coupe transversale, la même particule que précédemment qui est en plus greffée par un 2nd greffon, mono-fonctionnalisé, ceci grâce à une réaction inter-greffon, la fonction restée libre du premier greffon greffé sur la particule (P) de la FIG. 1 ayant réagit avec la fonction du 2nd greffon pour former la particule greffée de la FIG.2.

La **FIG. 3 (graphe 1)** montre l'évolution de l'angle de contact en fonction du temps pour une poudre non modifiée (témoin) et deux poudres modifiées.

La **FIG. 4 (graphe 2)** montre l'évolution du volume d'eau de la goutte déposée en fonction du temps pour une poudre non modifiée (témoin) et deux poudres modifiées.

S'agissant du monomère de greffage fonctionnalisé, c'est une molécule disposant d'au moins 2 fonctions à savoir :

- au moins une première fonction comportant au moins une insaturation éthylénique telle qu'une double liaison susceptible de réagir avec la particule à greffer et ;
- au moins une seconde fonction réactive compatible avec le milieu dans lequel la particule pourra être ajoutée ultérieurement et en particulier une fonction réactive susceptible de réagir avec ledit milieu. On peut parler de molécule ou greffon au moins bi-fonctionnelle ou bi-fonctionnalisé.

La seconde fonction est fonction du milieu dans lequel la particule greffée selon l'invention sera rajoutée. Ainsi, cette seconde fonction est lipophile pour un milieu à phase grasse et est hydrophile pour un milieu à phase aqueuse.

Une phase grasse au sens de l'invention est une phase contenant des huiles, des solvants organiques, liquides à température ambiante ($T_a =$ de 20 à 25°C) et une phase aqueuse est une phase contenant de l'eau éventuellement additionnée d'un

alcool mono ou poly-hydroxyle soluble dans eau (méthanol, n-propanol, isopropanol, isobutanol, glycérol).

Il est aussi possible d'utiliser le greffage pour conférer aux particules un caractère amphiphile, combinant des propriétés lipophiles et hydrophiles. De telles
5 particules pourront être utilisées avantageusement dans des émulsions (dispersions de phase grasse dans une phase continue aqueuse, ou inversement, dispersions de phase aqueuse dans une phase continue grasse) et contribuer à la stabilisation de ces systèmes complexes.

Comme seconde fonction lipophile selon l'invention, on peut citer les chaînes
10 hydrocarbonées (contenant de 32 à 20 atomes de carbone), les chaînes siliconées (contenant de 2 à 20 groupements Si-O), les chaînes fluorées et/ou fluorosiliconées.

Comme seconde fonction hydrophile selon l'invention, on peut citer les fonctions amines, carbonyle, cyano, oxazole, époxy, hydroxyle et leurs combinaisons.

A titre d'exemples de fonction réactive, on peut citer les acides carboxyliques
15 et leurs dérivés, les esters, les anhydrides, les chlorures d'acides, les amides, les cétones, les isocyanates, les oxazolines, les époxydes, les amines ou les hydroxydes.

Des exemples d'acides carboxyliques insaturés sont ceux ayant 2 à 20 atomes de carbone tels que les acides acrylique, méthacrylique, maléique, fumarique et itaconique. Les dérivés fonctionnels de ces acides comprennent par exemple les
20 anhydrides, les dérivés esters, les dérivés amides, les dérivés imides et les sels métalliques (tels que les sels de métaux alcalins) des acides carboxyliques insaturés. On peut encore citer l'acide undécylénique.

Des acides dicarboxyliques insaturés ayant 4 à 10 atomes de carbone et leurs dérivés fonctionnels, particulièrement leurs anhydrides, sont des monomères de
25 greffage particulièrement préférés.

Ces monomères de greffage comprennent par exemple les acides maléique, fumarique, itaconique, citraconique, allylsuccinique, cyclohex-4-ène-1,2-dicarboxylique, 4—méthyl-cyclohex-4-ène-1,2-dicarboxylique, bicyclo(2,2,1)hept-5-ène-2,3-dicarboxylique, x—méthylbicyclo(2,2,1-hept-5-ène-2,3-dicarboxylique, les
30 anhydrides maléique, itaconique, citraconique, allylsuccinique, cyclohex-4-ène-1,2-dicarboxylique, 4—méthylèncyclohex-4-ène-1,2-dicarboxylique, bicyclo(2,2,1)hept-5-ène-2,3-dicarboxylique, et x—méthylbicyclo(2,2,1)hept-5-ène-2,2-dicarboxylique.

Des exemples d'autres monomères de greffage comprennent :

- des esters alkyls en C₁-C₂₂, des dérivés esters glycidiques ou des dérivés esters fluorés des acides carboxyliques insaturés tels que acrylate de méthyle, méthacrylate de méthyle, acrylate d'éthyle, méthacrylate d'éthyle, acrylate de butyle, méthacrylate de butyle, acrylate de nonyle, méthacrylate de nonyle, acrylate de 2-éthyl hexyl, méthacrylate de 2-éthyl hexyl, acrylate de glycidyle, méthacrylate de glycidyle, maléate de mono-éthyle, maléate de diéthyle, fumarate de monométhyle, fumarate de diméthyle, itaconate de monométhyle, et itaconate de diéthyle, méthacrylate de trifluoroéthyl, acrylate d'hexafluoroéthyl (ou AC8n) ;
- des dérivés amides des acides carboxyliques insaturés tels que acrylamide, méthacrylamide, monoamide maléique, diamide maléique, N—monoéthylamide maléique, N,N-diéthylamide maléique, N—monobutylamide maléique, N,N-dibutylamide maléique, monoamide furamique, diamide furamique, N-monoéthylamide furamique, N,N-diéthylamide furamique, N-monobutylamide furamique et N,N-dibutylamide furamique ;
- des dérivés imides des acides carboxyliques insaturés tels que maléimide, N-butylmaléimide et N-phénylmaléimide ; et
- des sels métalliques d'acides carboxyliques insaturés tels que acrylate de sodium, méthacrylate de sodium, acrylate de potassium, et méthacrylate de potassium.
- Des alcoxysilanes portant une insaturation tels que les vinyltrialcoxysilanes de formules $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Si}(\text{OR})_3$ où R représente un groupement alkyle ou alcoyle, ou les ((metha)cryloxyalkyl)trialcoxysilanes.

On peut citer encore :

- les esters polyallyliques d'acides carboxyliques et autres ester triallylcyanurate, triallylisocyanurate, triallylphosphate, triallyltrimellitate ;
- les esters acryliques et méthacryliques d'alcools polyhydriques : diméthacrylate d'éthylène glycol, (1,3)-triméthacrylate-2-éthyl-(hydroxyméthyl)-propanediol ;

- les amides et acrylamides : N-acrylamide, N,N'methylenebis-acrylamide.

Avantageusement on utilise l'anhydride maléique ou l'anhydride méthacrylique.

Les particules de poudres selon l'invention peuvent être greffées par un procédé de greffage en une ou deux étapes. On parle de « poudre greffée
5 fonctionnalisée » ou de « poudre fonctionnalisée » les deux termes signifiant la même chose.

Les particules de poudres de polymères, en particulier de PA ou de CoPA, peuvent être greffées par un procédé de greffage en une étape. Les particules de poudres sont donc dans un premier temps greffées en surface par des molécules au
10 moins bi-fonctionnelle grâce à une première fonction, la seconde fonction restant libre. Cette seconde fonction, en fonction de sa nature chimique, pourra former des liaisons covalentes ou des liaisons physiques vis à vis du milieu (par exemple un revêtement) dans lequel la particule de poudre ainsi greffée sera ajoutée ultérieurement.

15 Un mode opératoire ou procédé de greffage selon l'invention est le suivant:

Etape a)

Le monomère de greffage fonctionnalisé est dissous dans un solvant de préférence volatil pour pouvoir ensuite être éliminé par évaporation sous vide ou par
20 tout autre moyen à des températures relativement basses (de préférence inférieures à 50°C).

Les solvants utilisés peuvent être par exemple l'éthanol, l'acétone, l'hexane, le cyclohexane, l'eau.

La solution obtenue est ensuite introduite goutte à goutte sur la poudre, telle que décrite précédemment, et maintenue en agitation afin de disperser le monomère de
25 greffage fonctionnalisé de façon homogène dans l'ensemble de la poudre. Le solvant est ensuite évaporé, totalement ou en partie, sous vide à une température modérée.

Etape b)

La poudre imprégnée de monomère de greffage fonctionnalisé est conditionnée dans un contenant préférentiellement étanche et soumise, de préférence
30 en l'absence d'air, à une irradiation photonique (γ) ou électronique (β) sous une dose comprise entre 1 et 15 Mrad. On utilise de préférence une irradiation photonique.

Etape c)

On peut éventuellement laver, pour finir, la poudre afin d'éliminer tout ou partie du monomère de greffage fonctionnalisé qui n'a pas été greffé sur la poudre durant l'étape précédente.

5 Dans le cadre de la fonctionnalisation de particules, on ne peut pas toujours greffer les fonctionnalités recherchées. Il est donc nécessaire dans ce cas d'utiliser un procédé de greffage en deux étapes. On réalise au cours d'une première étape (i) un premier greffage sur une particule de polymère, en particulier de PA ou CoPA, d'un premier greffon au moins bi-fonctionnel, ce dernier étant une molécule comprenant au
10 moins une première fonction qui sert au greffage du greffon sur ladite particule et au moins une seconde fonction qui reste libre puis (ii) on fait réagir ladite fonction restée libre du premier greffon avec un second greffon au moins mono-fonctionnel, ce dernier étant une molécule comprenant au moins une fonction qui va réagir avec la fonction restée libre du premier greffon. Ce second greffon apporte les propriétés
15 recherchées pour des applications ultérieures de la particule.

Suite aux étapes **a), b) ou a), b) et c)**, on effectue une étape **d)** consistant à introduire un second monomère de greffage au moins mono-fonctionnalisé, le monomère de greffage introduit au cours de l'étape **a)** étant lui-même au moins bi-fonctionnalisé. Le greffage du second greffon sur le premier greffon se fait par des
20 réactions classiques de la chimie organique bien connues de l'homme de l'art.

S'agissant de la poudre à greffer, on peut citer les poudres de polyamides (PA), de copolyamides (CoPA) en particulier de CoPA blocs ou PEBA notamment de copolyesteramides, de polyoléfines (à savoir polyéthylène, polypropylène), de polyesters ou de résines fluorocarbonées. De préférence, on utilise des poudres de
25 polyamide ou copolyamide pour réaliser le greffage.

On entend par polyamides les produits de condensation :

- d'un ou plusieurs aminoacides, tels les acides aminocaproïques, amino-7-heptanoïque, amino-11-undécanoïque et amino-12-dodécanoïque ;
- d'un ou plusieurs lactames tels que caprolactame, oenantholactame et
30 lauryllactame ;
- d'un ou plusieurs sels ou mélanges de diamines telles l'hexaméthylènediamine, la dodécaméthylènediamine, la méthaxylyènediamine, le bis-p aminocyclohexylméthane et la triméthylhexaméthylène diamine avec des diacides

tels que les acides isophtalique, téréphtalique, adipique, azélaïque, subérique, sébacique et dodécanedicarboxylique.

A titre d'exemple de polyamide, on peut citer le PA 6, le PA 6-6, le PA 11 et le PA 12.

5 S'agissant des poudres de copolyamides, on peut citer les copolyamides résultant de la condensation d'au moins deux acides alpha oméga aminocarboxyliques ou de deux lactames ou d'un lactame et d'un acide alpha oméga aminocarboxylique. On peut encore citer les copolyamides résultant de la condensation d'au moins un acide alpha oméga aminocarboxylique (ou un lactame), au moins une diamine et au
10 moins un acide dicarboxylique. On peut encore citer les copolyamides résultant de la condensation d'une diamine aliphatique avec un diacide carboxylique aliphatique et au moins un autre monomère choisi parmi les diamines aliphatiques différentes de la précédente et les diacides aliphatiques différents du précédent.

A titre d'exemple de lactames, on peut citer ceux ayant de 3 à 12 atomes de
15 carbone sur le cycle principal et pouvant être substitués. On peut citer par exemple le β,β -diméthylpropiolactame, le α,α -diméthylpropiolactame, l'amyrolactame, le caprolactame, le capryllactame et le lauryllactame.

A titre d'exemple d'acide alpha oméga aminocarboxylique, on peut citer l'acide amino-undécanoïque et l'acide aminododécanoïque.

20 A titre d'exemple d'acide dicarboxylique, on peut citer les acides dicarboxylique ayant au moins 4 atomes de carbone : l'acide adipique, l'acide sébacique, l'acide isophtalique, l'acide butanedioïque, l'acide 1,4 cyclohexyldicarboxylique, l'acide téréphtalique, le sel de sodium ou de lithium de l'acide sulphisophtalique, les acides gras dimérisés ayant une teneur en dimère d'au
25 moins 98% (de préférence ils sont hydrogénés) et l'acide dodécanedioïque $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$.

A titre d'exemple de diamine, on peut avoir une diamine aliphatique ayant de 6 à 12 atomes qui peut être arylique et/ou cyclique saturée. A titre d'exemples, on peut citer l'hexaméthylènediamine, la pipérazine, la tetraméthylène diamine,
30 l'octaméthylène diamine, la décaméthylène diamine, la dodécaméthylène diamine, le 1,5 diaminohexane, le 2,2,4-triméthyl-1,6-diamino-hexane, les polyols diamine, l'isophorone diamine (IPD), le méthyl pentaméthylènediamine (MPDM), la

bis(aminocyclohexyl) méthane (BACM), la bis(3-méthyl-4 aminocyclohexyl) méthane (BMACM).

A titre d'exemples de copolyamides, on peut citer des copolymères de caprolactame et de lauryl lactame (PA 6/12), des copolymères de caprolactame, d'acide adipique et d'hexaméthylène diamine (PA 6/6-6), des copolymères de caprolactame, de lauryl lactame, d'acide adipique et d'hexaméthylène diamine (PA 6/12/6-6), des copolymères de caprolactame, de lauryl lactame, d'acide amino 11 undécanoïque, d'acide azélaïque et d'hexaméthylène diamine (PA 6/6-9/11/12), des copolymères de caprolactame, de lauryl lactame, d'acide amino 11 undécanoïque, d'acide adipique et d'hexaméthylène diamine (PA 6/6-6/11/12), des copolymères de lauryl lactame, d'acide azélaïque et d'hexaméthylène diamine (PA 6-9/12).

S'agissant des PolyEtherBlocAmide (abrégé PEBA) comprenant des blocs polyamide (abrégé bloc PA) et des blocs polyéther (abrégé bloc PE) de formule générale (I) :

15



dans laquelle :

- PA X.Y représente un bloc polyamide obtenu par polycondensation d'une diamine aliphatique linéaire ayant X atomes de carbone et d'un diacide carboxylique ayant Y atomes de carbone ;

- PE représente un bloc polyéther ;
- n représente le nombre d'unités PA X.Y-PE,

caractérisé par le fait que :

- X est au moins égal à 2;
- Y est au moins égal à 2;
- les blocs PE étant soit :
- (i) des blocs PE diols (c'est à dire à extrémités hydroxyliques) de telle sorte que les liaisons entre les blocs PA X.Y à extrémités carboxyliques et les blocs PE diols sont des liaisons ester, on parle alors de polyéthersteramides, soit
- (ii) des blocs PE à extrémités diNH₂ (c'est à dire diamine) dans le cas où, dans les blocs PA X.Y à extrémités carboxyliques, de telle sorte que les liaisons entre les blocs PA X.Y à extrémités carboxyliques et les blocs PE diamines sont des liaisons amides.

De préférence, X est compris entre 6 et 10 bornes incluses et Y est compris entre 10 et 20 bornes incluses.

Le bloc polyamide PA X.Y est avantageusement choisi parmi les blocs de polyamide 6.10, polyamide 6.12, polyamide 6.14, polyamide 6.18, polyamide 10.10 et
5 le PA10.12.

Le bloc polyéther est avantageusement issu d'au moins un polyalkylène éther polyol, notamment un polyalkylène éther diol. Le polyalkylène éther diol est plus particulièrement choisi parmi le polyéthylène glycol, le polypropylène glycol (PPG), le polytriméthylène glycol (PO3G), le polytétraméthylène glycol (PTMG) et leurs
10 mélanges.

On peut aussi utiliser des poudres de copolyesteramides comprenant en moles (le total étant 100%) :

- 1 à 98% d'un lactame,
- 1 à 98% d'une lactone, et éventuellement
- 15 ▪ 1 à 98% d'un autre lactame,

et qui ont un diamètre compris entre 1 μm et 200 μm , une surface spécifique comprise entre 1 et 25 m^2/g .

A titre d'exemple de lactames, on peut citer ceux ayant de 3 à 12 atomes de carbone sur le cycle principal et pouvant être substitués. On peut citer par exemple le
20 β,β -diméthylpropiolactame, le α,α -diméthylpropiolactame, l'amylolactame, le caprolactame, le capryllactame et le lauryllactame. On utilise avantageusement le caprolactame et le lauryllactame.

A titre d'exemple de lactones, on peut citer la caprolactone, la valérolactone et la butyrolactone. On utilise avantageusement la caprolactone.

25 Le procédé de préparation de ces poudres de copolyesteramides par polymérisation anionique est décrit dans le document EP1172396.

On peut utiliser des mélanges de polyamide et/ou de copolyamide. Ce sont par exemple des mélanges de polyamides aliphatiques et de polyamides semi-aromatiques et des mélanges de polyamides aliphatiques et de polyamides
30 cycloaliphatiques.

Les poudres peuvent être fabriquées par tout moyen, dissolution et précipitation dans un alcool. Avantageusement, on produit par polymérisation dans un

solvant, les poudres étant insolubles dans ce solvant. On peut citer le procédé décrit dans EP192515 et EP303530.

S'agissant des résines fluorocarbonées, ce sont le PTFE (polytétrafluoroéthylène), le FEP (éthylène-propylène fluoré), le PFA (perfluoroalkoxy), le PVDF (polyfluorovinylidène), ETFE (copolymère modifié d'éthylène et de tétrafluoroéthylène) et l'ECTFE (éthylène/chlorotri-fluoroéthylène). Les polymères PTFE, FEP et PFA sont souvent appelés Teflon® du nom de la marque déposée par Du Pont de Nemours pour l'ensemble des résines, films et produits fluorocarbonés fabriqués par cette société. On peut citer les poudres de PTFE de la Société SHAMROCK (Series SSTTM).

S'agissant des poudres de polyoléfine (polyéthylène et polypropylène par exemple) et les poudres mixtes PTFE/Polyoléfines. On peut, notamment, citer les poudres de Polyéthylène de la Société SHAMROCK (S-SeriesTM) ou de la Société LUBRIZOL et les poudres mixtes PTFE/Polyéthylène de la Société SHAMROCK (FluoroSLIPTM).

S'agissant des poudres polyesters, elles sont issues de la condensation d'acides mono ou poly-fonctionnels, d'anhydrides, de polyols et parfois d'esters. On peut notamment citer par exemple les poudres polyesters de la Société DSM (URALACTM), Dupont.

Nous allons maintenant décrire plus en détail un mode de réalisation.

Dans les exemples 1 et 2, nous allons décrire la préparation d'une poudre de particules de PA fonctionnalisées à l'anhydride méthacrylique qui améliore la compatibilité de cette poudre avec les revêtements UV réticulables.

Pour réaliser les essais, on utilise une poudre P1 (poudre de PA12 de diamètre moyen de particule de l'ordre de $10\ \mu\text{m} \pm 2\ \mu\text{m}$, avec moins de 5% de particules fines de diamètre $< 5\ \mu\text{m}$ et moins de 2% de grosses particules de diamètres supérieurs à $20\ \mu\text{m}$, surface spécifique apparente moins de $4\ \text{m}^2/\text{g}$, densité apparente 0,20-0,35 g/cm³, masse volumique 1,03 g/cm³ et point de fusion 175-179°C).

EXEMPLE 1 :

On prépare 50g d'une solution d'anhydride méthacrylique dans le cyclohexane à 0,2% en poids. 99,9g de poudre de Polyamide P1 est ensuite imprégnée avec cette solution. Le cyclohexane est ensuite éliminé par séchage sous

vide. On obtient ainsi une poudre contenant 0,1% en poids d'anhydride méthacrylique comme monomère de greffage.

Le greffage est réalisé selon le procédé décrit ci-dessus : La poudre imprégnée de monomère de greffage fonctionnalisé est conditionnée dans un flacon
5 étanche, sous atmosphère d'azote. Elle est soumise à une irradiation photonique (γ) sous une dose de 30 kGray. (1Mrad (Mégard) = 10kGray). On obtient ainsi une poudre de particules de PA greffées.

EXEMPLE 2 :

On prépare 50g d'une solution d'anhydride méthacrylique dans le
10 cyclohexane à 0,8% en poids. 99,6g de poudre de Polyamide P1 est ensuite imprégnée avec cette solution. Le cyclohexane est ensuite éliminé par séchage sous vide. On obtient ainsi une poudre contenant 0,4 % en poids d'anhydride méthacrylique comme monomère de greffage.

Le greffage est réalisé selon le procédé décrit ci-dessus : La poudre
15 imprégnée de monomère de greffage fonctionnalisé est conditionnée dans un flacon étanche, sous atmosphère d'azote. Elle est soumise à une irradiation photonique (γ) sous une dose de 50 kGray. On obtient ainsi une poudre de particules de PA greffées.

Les poudres de particules greffées ainsi obtenues (**EXEMPLE 1 et**
EXEMPLE 2) sont ensuite testées ci-dessous en tant qu'additif dans une formulation
20 de vernis UV-réticulable, comparativement à la poudre P1 de départ. Pour cela, elles sont dispersées à un taux de 2% en poids dans un vernis dont la formulation est définie dans le **TABLEAU 1** ci-après.

TABLEAU 1

Composants	Nature	Masse (g)
CN 981 (Cray Valley)	Oligomère aliphatique Uréthane – Diacrylate	30,0
SR 506 D (Sartomer)	Acrylate d'isobornyle	12,8
SR 238 (Sartomer)	Diacrylate de 1,6 Hexanediol	33,7
SR 454 (Sartomer)	Triacrylate de Triméthylolpropane éthoxylé (3OE)	5
SR 399 (Sartomer)	Pentaacrylate de Dipentaerythritol	5
CN 385 (Cray Valley)	Benzophénone	2,7
Darocur 1173 (Ciba Spécialités)	Photoamorceur	1,8

5 Le vernis est appliqué sur une surface plane à une épaisseur de 24 µm puis réticulé dans un tunnel UV. On teste ensuite sa résistance à l'abrasion, selon la norme ISO 9352, sur un abrasimètre TABER équipé de meules de type CS17, sous une charge de 500g. La perte de poids occasionnée par le frottement des meules sur le revêtement est mesuré tous les 100 cycles.

10 Dans le **TABLEAU 2** sont indiquées les pertes de poids moyennes pour 100 cycles, mesurées respectivement pour le vernis sans additif (**TEMOIN 1**) et des vernis contenant les additifs suivants :

- poudre P1 (**TEMOIN 2**) ;
- poudre P1 additivée de monomère n'ayant subi que l'étape a) (**TEMOIN 3**) ;
- 15 - poudre P1 greffée et fonctionnalisée ayant subi le procédé décrit ci-dessus c'est à dire les étapes a et b (**EXEMPLE 1**).

TABLEAU 2

	PERTE DE POIDS MOYENNE POUR 100 CYCLES (mg)
TEMOIN 1	1,9
TEMOIN 2	1,4
TEMOIN 3	1,5
EXEMPLE 1	0,7

5 On constate une nette amélioration des qualités physiques du vernis vis à vis de l'abrasion en comparant les **TEMOINS 2-3** avec l'**EXEMPLE 1** selon l'invention : en effet, la perte de poids moyenne pour 100 tours est divisée par 2, indiquant une amélioration significative de la résistance à l'abrasion du matériau.

10 Dans le **TABLEAU 3** sont indiquées le nombre de cycles d'usure nécessaire pour atteindre le substrat, déterminé respectivement pour le vernis sans additif (**TEMOIN 1**) et des vernis contenant les additifs suivants :

- poudre P1 (**TEMOIN 2**) ;
- poudre P1 greffée et fonctionnalisée ayant subi le procédé décrit ci-dessus c'est à dire les étapes a et b (**EXEMPLE 2**).

15

TABLEAU 3

	NOMBRE DE CYCLES POUR ATTEINDRE LE SUBSTRAT
TEMOIN 1	300
TEMOIN 2	400
EXEMPLE 2	1000

20 On constate une nette amélioration des qualités physiques du vernis vis à vis de l'abrasion en comparant le **TEMOIN 2** avec l'**EXEMPLE 2** selon l'invention.

Un troisième exemple est réalisé et concerne la modification de l'hydrophobie des poudres PA.

Pour réaliser les essais, on utilise une poudre P1 (poudre de PA12 de diamètre moyen de particule de l'ordre de $10\ \mu\text{m} \pm 2\ \mu\text{m}$, avec moins de 5% de particules fines de diamètre $< 5\ \mu\text{m}$ et moins de 2% de grosses particules de diamètres supérieurs à $20\ \mu\text{m}$, surface spécifique apparente moins de $4\ \text{m}^2/\text{g}$, densité apparente $0,20\text{-}0,35\ \text{g}/\text{cm}^3$, masse volumique $1,03\ \text{g}/\text{cm}^3$ et point de fusion $175\text{-}179^\circ\text{C}$) et on utilise 3% en poids (**Exemple 3**) ou 5% en poids (**Exemple 4**) de méthacrylate de polyéthylène glycol de masse molaire égale à $5000\ \text{g}/\text{mol}$, comme monomère de greffage. Le greffage est réalisé selon le procédé décrit ci-dessus. Le solvant utilisé est de l'eau. Les exemples 3 et 4 ont subi les étapes a, b et c.

Afin de tester la modification de l'hydrophobie des poudres, des mesures d'évolution d'angle de contact d'une goutte d'eau sur les poudres en fonction du temps, ainsi qu'une évolution du volume d'eau de la goutte déposée sur les poudres en fonction du temps ont été réalisées. Pour cela, les poudres ont été compactées à froid sous presse de manière à obtenir des pastilles d'environ $1\ \text{cm}$ de diamètre. Les mesures d'angle de contact sont faites sur un Digidrop DGD Fast60.

On observe donc à travers les **graphes 1 et 2** l'apparition d'un comportement hydrophile sur les poudres modifiées, l'angle de contact de la goutte d'eau étant inférieur pour les deux exemples. On observe également que cette modification permet une absorption d'eau très significative (**Exemple 3 et 4**) alors que sur la poudre non modifiée, le volume de la goutte d'eau n'évolue pas.

L'un des avantages des particules greffées selon l'invention est d'utiliser n'importe quel type de particule dans n'importe quel type de milieu, ce qui pour des formulations dans les domaines cosmétiques, pharmaceutiques, peintures, revêtements, électroniques permet d'augmenter les gammes de produits et faciliter leur mise en œuvre.

Les particules greffées selon l'invention peuvent être utilisées entre autres:

- En tant qu'additifs dans des revêtements (par exemple dans des vernis, des peintures) permettant une compatibilité avec le revêtement à la fois physique et chimique : on crée potentiellement un site réactif à la surface de la poudre par l'intermédiaire d'un premier greffon fonctionnalisé qui permettra à la poudre

d'être accrochée dans le revêtement. Par ailleurs, en fonction du taux de molécules réactives greffées à la surface des particules de poudre, on n'exclut pas la création d'une couche de compatibilité entre la poudre et le revêtement. Ces poudres fonctionnalisées sont utiles car elles améliorent la résistance à l'abrasion et à la rayure et augmentent la résistance mécanique du revêtement.

➤ En tant qu'additif dans des matériaux pour améliorer leurs propriétés mécaniques tel que dans des matériaux thermodurcissables.

➤ Telles que comme revêtement d'un substrat après avoir été fondues. Dans ce dernier cas, elles peuvent éventuellement être diluées dans des poudres non greffées de PA, coPA, polyoléfine, copolyesteramide, de polymères fluorés (tels que le PVDF ou le Téflon®) avant d'être fondues.

➤ Pour améliorer l'adhésion des particules de poudres de polymères, en particulier de PA ou de CoPA, sur différents types de substrats. La fonctionnalisation cationique permet d'améliorer l'adhésion physique sur des surfaces tels que le papier, la cellulose, les substances kératiniques de la peau, cheveux, lèvres, ongles, poils entre autres.

➤ Dans des applications cosmétiques. Il est possible d'utiliser cette fonctionnalité de surface pour améliorer le toucher de la poudre, améliorer l'effet glissant, favoriser l'effet soyeux, favoriser l'effet « peau de pêche » ou l'effet « soft-touch » en terminologie anglo-saxonne. Il est aussi possible d'utiliser cette fonctionnalité pour faciliter l'introduction des poudres en formulations lipophiles, ou hydrophiles, ou en émulsions. En particulier, la fonctionnalité peut avantageusement être utilisée pour conférer aux particules un caractère amphiphile qui pourront alors avoir un effet stabilisant sur les émulsions dans lesquelles elles sont introduites.

➤ Dans des applications biocides (qui tue les microbes) ou biostatiques (qui stoppe ou limite la prolifération des microbes), il est possible d'apporter des fonctions biocides et/ou biostatiques au milieu dans lequel se trouvent les particules de polymères, en particulier de polyamide ou copolyamide, en greffant des greffons à fonctionnalité biocide et/ou biostatique tels que des ammonium quaternaire, phosphate de zirconium, phosphate de calcium, composé complexe de Zn ou de Zn/Ag entre autre.

- Comme support à un principe actif quelque soit sa nature (cosmétique, biocide, biostatique, pharmaceutique...), ce dernier ne pourra pas se séparer de la particule et donc ne pourra pas migrer seul dans le milieu dans lequel il se trouve. Dans une application cosmétique, cela a un avantage en limitant la
- 5 pénétration dans les couches lipidiques de la peau de principes actifs tels que des substances irritantes par exemple les filtres UV ou en favorisant le maintien à la surface de la peau de principes actifs tels que des anti-radicaux libres, des hydratants, des colorants, des auto-bronzants, des nano-particules (diamètres des grains élémentaires $<$ ou $=$ à 100nm) recouvertes en surface par un traitement
- 10 compatible avec un greffage sur la particule de poudre, de préférence lesdites nano-particules traitées étant susceptibles de réagir avec la seconde fonction du premier greffon. Les particules greffées supportent le principe actif restant en surface desdites couches lipidiques de la peau. De préférence, ce seront les particules greffées selon l'invention ayant subi le procédé de greffage en deux
- 15 étapes, le second greffon étant le principe actif.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de particules de poudre greffées en surface, caractérisé en ce qu'il comprend :
 - a) une étape de mélange desdites particules de poudre avec au moins un monomère de greffage fonctionnalisé, les dites particules de poudre étant des particules de polyamide (PA), copolyamide (CoPA), de PolyEtherBlocAmide (PEBA), de polyoléfine, de polyester ou de résines fluorocarbonées puis ;
 - b) une étape d'irradiation photonique (γ) ou électronique (β) de la poudre imprégnée de monomère de greffage fonctionnalisé issue de a), ceci sous une dose comprise entre 0,5 et 15 Mrad.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on effectue en outre une étape c) après l'étape b) consistant à éliminer tout ou partie du monomère de greffage n'ayant pas été greffé sur la poudre lors de l'étape b).
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les particules de poudre sont en polyamide, en copolyamide ou en PolyEtherBlocAmide (PEBA).
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le monomère de greffage fonctionnalisé introduit au cours de l'étape a) est un monomère de greffage bi-fonctionnalisé, comprenant au moins une première fonction comportant au moins une insaturation éthylénique susceptible de réagir avec la particule à greffer et au moins une seconde fonction réactive par liaison covalente ou physique.
5. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les particules de poudre sont en polyamide, en copolyamide ou en PolyEtherBlocAmide (PEBA).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que le monomère de greffage fonctionnalisé introduit au cours de l'étape a) est un monomère de greffage bi-fonctionnalisé, comprenant au moins une première fonction comportant au moins une insaturation éthylénique susceptible de réagir

avec la particule à greffer et au moins une seconde fonction réactive par liaison covalente ou physique.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'on effectue en outre une étape d) après l'étape c) consistant à introduire un second greffon au moins mono-fonctionnalisé comprenant au moins une fonction susceptible de réagir avec la seconde fonction du monomère de greffage bi-fonctionnalisé.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que, la seconde fonction réactive du monomère de greffage bi-fonctionnalisé introduit au cours de l'étape a) est choisie dans le groupe constitué par une fonction acide carboxylique ainsi que ses dérivés, ester, anhydride, chlorure d'acide, amide, cétone, isocyanate, oxazoline, époxyde, amine et hydroxyde.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le monomère de greffage bi-fonctionnalisé introduit au cours de l'étape a) est l'anhydride maléique ou l'anhydride méthacrylique.
10. Particule de poudre de polyamide (PA), copolyamide (CoPA), de PolyEtherBlocAmide (PEBA), de polyoléfine, de polyester ou de résines fluorocarbonées, greffée en surface par au moins un monomère de greffage fonctionnalisé par au moins une fonction réactive.
11. Particule de poudre de polyamide (PA), de copolyamide (CoPA), de PolyEtherBlocAmide (PEBA), de polyoléfines, de polyester ou des résines fluorocarbonées, greffée en surface par au moins deux monomères de greffage fonctionnalisés chacun par au moins une fonction réactive différente.
12. Particule selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisée en ce que le ou les monomères de greffage fonctionnalisé est un monomère de greffage au moins bi-fonctionnalisé, comprenant au moins une première fonction comportant au moins une insaturation éthylénique susceptible de réagir avec la

particule à greffer et au moins une seconde fonction réactive susceptible de réagir par liaison covalente ou physique.

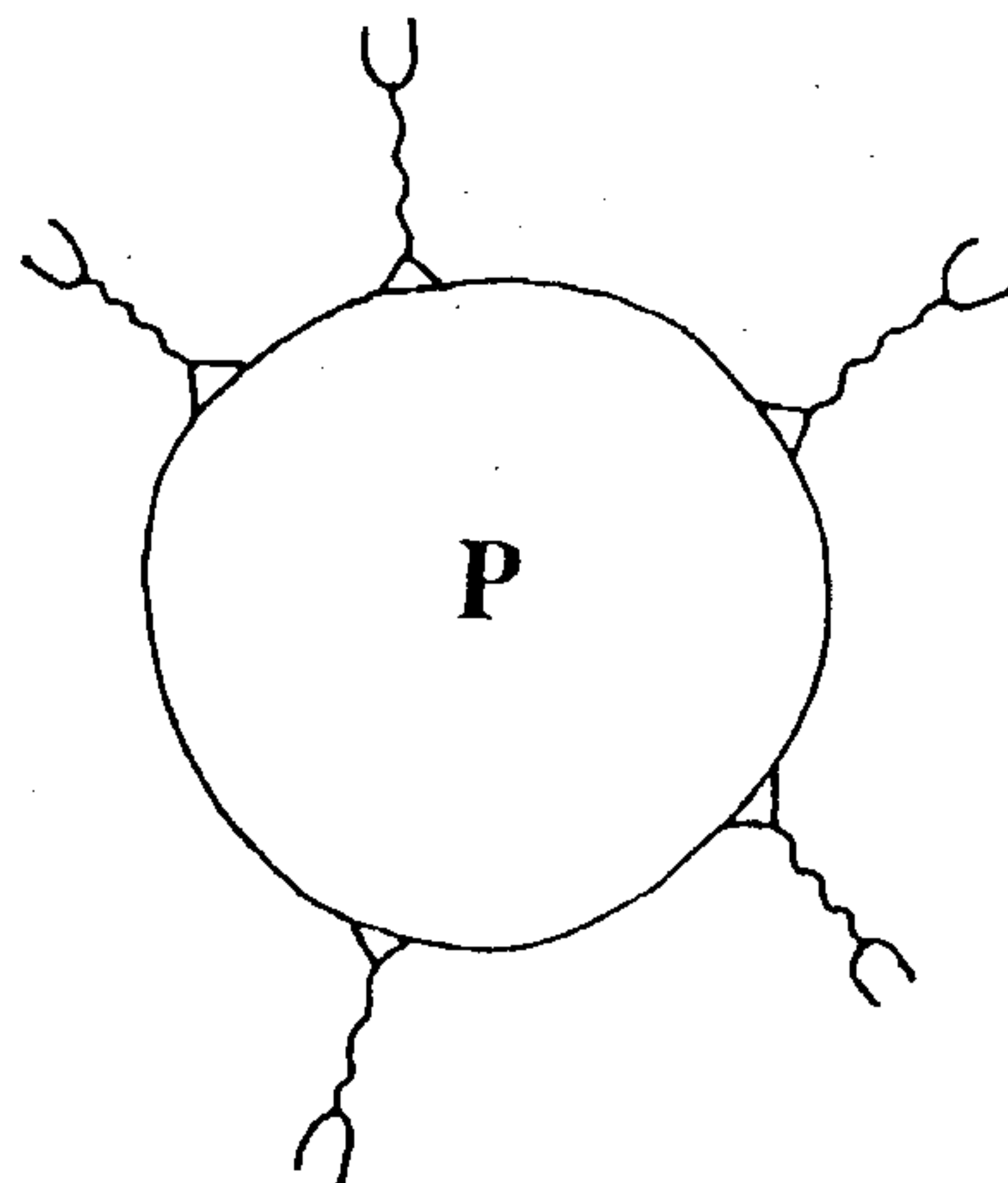
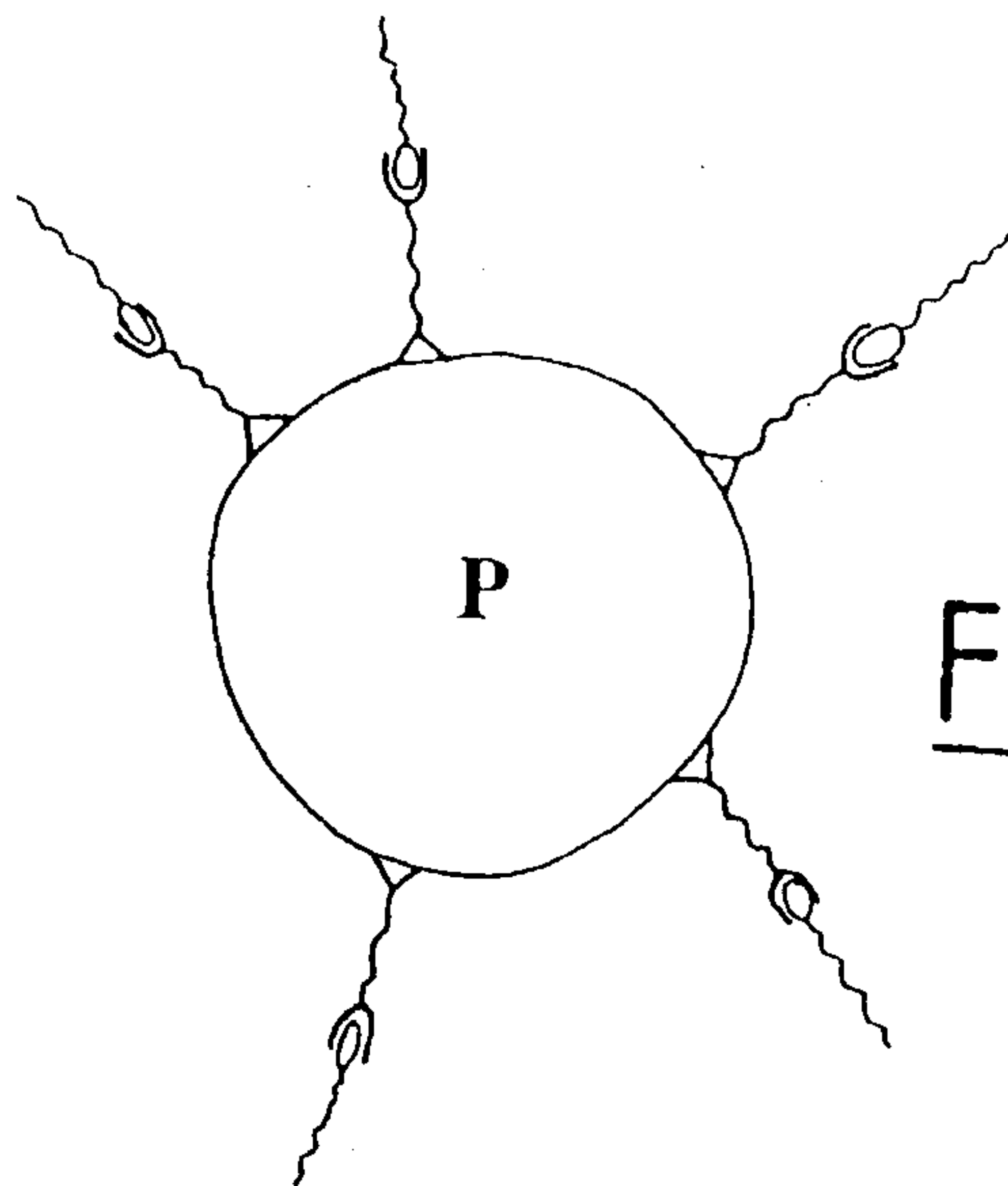
13. Particule selon la revendication 12, caractérisée en ce que le monomère de greffage au moins bi-fonctionnalisé est lié à un second greffon au moins mono-fonctionnalisé, ledit greffon comprenant au moins une fonction susceptible de réagir avec la seconde fonction du monomère de greffage bi-fonctionnalisé par l'intermédiaire d'une liaison covalente ou physique.
14. Particule selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisée en ce que la particule de poudre de polyamide est choisie dans le groupe constitué par le PA6, le PA6-6, le PA11 et le PA12.
15. Particule selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisée en ce que la fonction réactive du ou des monomère(s) de greffage fonctionnalisé(s) est choisie dans le groupe constitué par une fonction acide carboxylique ainsi que ses dérivés, ester, anhydride, chlorure d'acide, amide, cétone, isocyanate, oxazoline, époxyde, amine et hydroxyde.
16. Particule selon la revendication 11, caractérisée en ce que le monomère de greffage fonctionnalisé est fonctionnalisé par au moins une fonction réactive à propriétés biocides et/ou biostatiques.
17. Composition comprenant soit des particules telles que définies à l'une quelconque des revendications 10 à 16 en association avec un excipient, soit un mélange de particules telles que définies à l'une quelconque des revendications 10 à 16.
18. Utilisation de particules de poudre telles que définies à l'une quelconque des revendications 10 à 15 pour améliorer l'adhésion des particules de polymères sur des substrats.
19. Utilisation selon la revendication 18, caractérisée en ce que les particules de polymère sont en PA, CoPA ou PEBA.

20. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 18 et 19, caractérisée en ce que les substrats sont choisis dans le groupe constitué par le papier, la cellulose et les substances kératiniques de la peau, des cheveux, des ongles et des poils.
21. Utilisation de particules de poudre selon l'une quelconque des revendications 10 à 15 dans des compositions cosmétiques pour améliorer l'effet glissant et/ou l'effet soyeux.
22. Utilisation de particules de poudre selon l'une quelconque des revendications 10 à 15 pour favoriser l'effet peau de pêche.
23. Utilisation de particule de poudre selon la revendication 18, caractérisée en ce que le second greffon au moins mono-fonctionnalisé est choisi parmi les filtres UV, les anti-radicaux libres, les hydratants, les colorants, les auto-bronzants, les nano-particules (diamètres élémentaires des grains $\leq$ à 100nm) recouvertes en surface par un traitement compatible avec la seconde fonction du monomère de greffage au moins bi-fonctionnalisé.

1/2

Légende

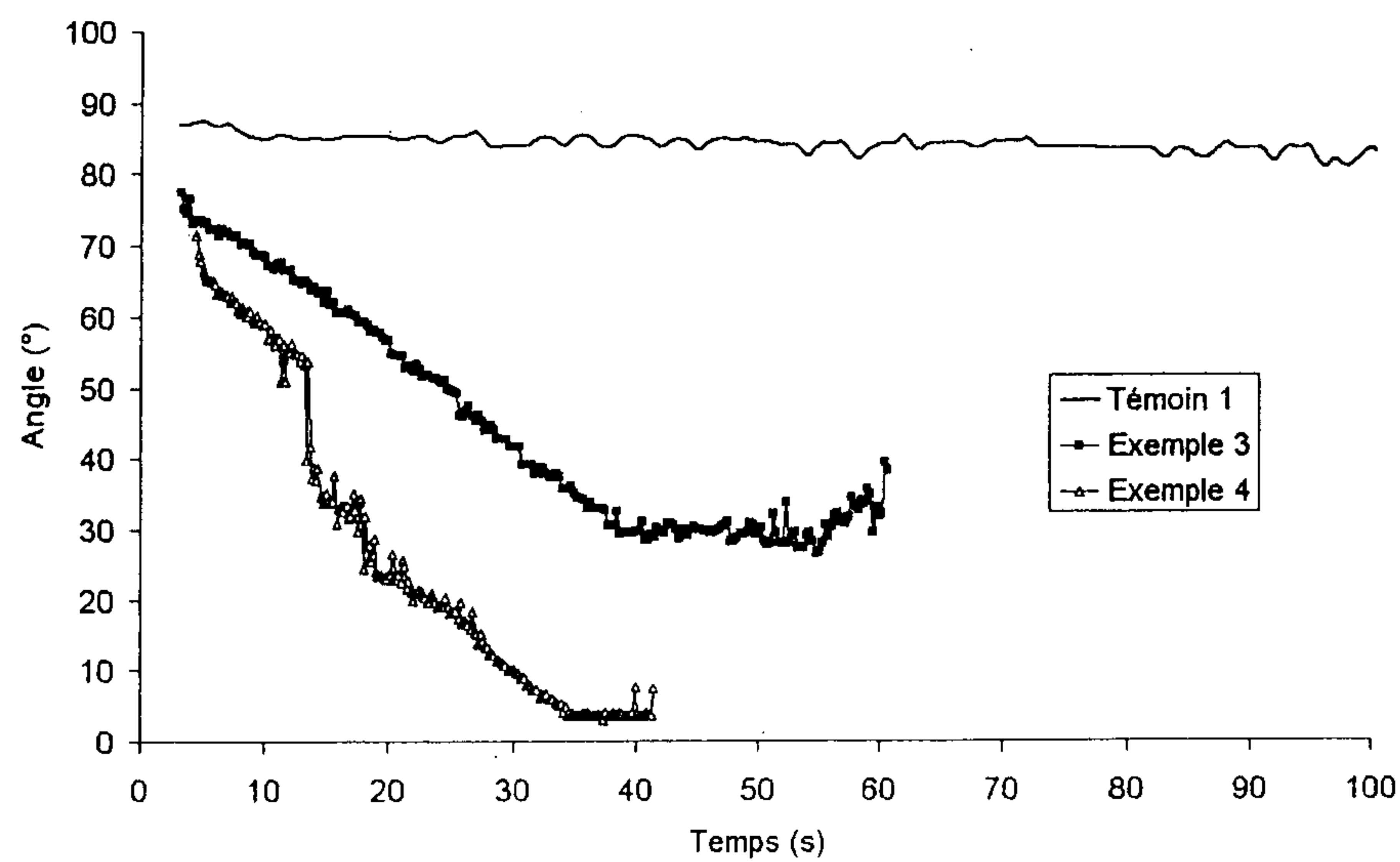
- P** : Particule de poudre
> : Fonction d'un 1er greffon servant à greffer ledit greffon sur P
⊃ : Fonction du greffon servant à compatibiliser la P greffée dans un milieu (FIG.1) ou à réagir avec la fonction ○ d'un 2nd greffon (FIG.2)
~~~~~ : Chaîne carbonée de greffon  
~~~~~> : Greffon au moins bi-fonctionnalisé  
~~~~~○ : Greffon au moins mono-fonctionnalisé

FIG.1FIG.2

2/2

**Fig. 3**

(GRAPHE 1)



5

**Fig. 4**

(GRAPHE 2)

