

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 638 445

(21) N° d'enregistrement national :

88 14122

(51) Int Cl⁶ : C 01 G 29/00; C 01 B 25/26 // A 61 K 33/42.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 28 octobre 1988.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : Société dite : BOEHRINGER INGELHEIM
FRANCE. — FR.

(72) Inventeur(s) : Gilbert Cohen ; Marc Maury.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 18 du 4 mai 1990.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : S.A. Fédit-Loriot.

(54) Nouveau procédé de préparation d'un gel de phosphate de bismuth.

(57) La présente invention concerne un procédé de prépara-
tion d'un gel de phosphate de bismuth comprenant la réaction
du sous-nitrate de bismuth avec l'acide phosphorique, et qui
est caractérisé en ce que :

a. On dissout le sous-nitrate de bismuth dans de l'acide
nitrique commercial ayant une densité de l'ordre de 1,41, et
porte puis maintient la solution résultante à 40 °C;

b. On dilue l'acide phosphorique avec de l'eau purifiée
jusqu'à ce que l'on obtienne une concentration en acide phos-
phorique comprise entre 20 et 122 g/l, puis porte et maintient
à 40 °C la température de la solution résultante;

c. On introduit à 40 °C sous agitation la solution diluée
d'acide phosphorique dans la solution de sous-nitrate de bis-
muth;

d. On maintient le milieu réactionnel à 40 °C sous agitation
douce pendant une durée supérieure ou égale à 0,5 h;

e. On concentre le précipité formé pour obtenir un gel de
consistance crémeuse que l'on rince avec de l'eau puis
concentre à nouveau, jusqu'à ce que le gel ainsi rincé ait une
acidité résiduelle inférieure à 0,1 N; puis lave ledit gel au
moyen d'une solution de bicarbonate de sodium à 15-25 g/l;
et lave enfin le précipité résultant.

FR 2 638 445 - A1

D

NOUVEAU PROCEDE DE PREPARATION D'UN GEL DE
PHOSPHATE DE BISMUTH

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un nouveau procédé de .
préparation d'un gel de phosphate de bismuth.

ART ANTERIEUR

5 On sait, notamment, des brevets français FR-B-2 043 490
et FR-B-2 153 173 que le phosphate colloïdal comprenant 70 % en
poids de phosphate de bismuth et 30 % en poids d'eau, a déjà été
préconisé en thérapeutique en tant que médicament pour le
traitement des ulcères, des gastrites et des duodénites.

10 On sait aussi que ledit phosphate de bismuth colloïdal
présenté sous forme de gel a été signalé comme étant susceptible
d'être éventuellement toxique ; par suite son exploitation en
thérapeutique a été fortement limitée dans un grand nombre de
pays. Il se trouve que l'éventuelle toxicité résulte de
15 difficultés rencontrées au cours de la synthèse du phosphate de
bismuth colloïdal lors de la reproduction des procédés de
préparation connus.

 Dans le cas d'ulcères de l'estomac et/ou du duodénum, on
sait que l'élément actif est le bismuth et que la source de
20 bismuth, que l'on administre par voie orale, est un sel de bismuth
qui intervient en tant que véhicule ou support dudit bismuth.
Ainsi, outre le gel de phosphate de bismuth, on sait que
l'industrie pharmaceutique a commercialisé dans le passé d'autres
sels en tant que source de bismuth, notamment les aluminate de
25 bismuth, sous-carbonate de bismuth, sous-citrate de bismuth,
citrate de bismuth, sous-gallate de bismuth, sous-nitrate de

bismuth, tartrate de bismuth, sous-salicylate de bismuth et dicitratobismuthate de tripotassium (voir à cet effet la demande de brevet européen publiée EP-A-O 206 625).

On a aussi constaté la présence de bactéries telles que
5 le Campylobacter pylori (également dénommé Campylobacter pyloridi
ou Campylobacter pyroloidis) et les souches analogues dans les
tissus cancéreux [voir à cet effet les articles de B. MARSHALL et
al., Digestion 37 suppl. 2, pages 16-30, (1987) et de C.S. GOODWIN
et al., Journal of Antimicrobial Chemotherapy 17, pages 309-314,
10 (1986) notamment].

On sait, par ailleurs, que des praticiens ont déjà
prescrit dans le passé à leurs patients souffrant d'ulcères et/ou
de gastrites un traitement comprenant l'administration par voie
orale, d'une part, d'un sel de bismuth, et d'autre part, un agent
15 anti-infectieux (notamment un antibiotique). Le succès d'un tel
traitement est confirmé par EP-A-O 206 625. La solution technique
préconisée par EP-A-O 206 625 d'un traitement associé sel de
bismuth/anti-infectieux résulte de la constatation que le bismuth
ainsi administré recouvre les zones de l'ulcère alors que l'anti-
20 infectieux détruit ou inhibe le Campylobacter pylori et les
bactéries analogues qui sont présentes dans les tissus ulcéreux.

Le procédé de préparation du gel de phosphate de bismuth
colloïdal qui est décrit dans FR-B-2 043 490, comprend la réaction
à une température d'environ 40 +/- 2°C (au moins en fin de
25 réaction) d'une solution nitrique contenant environ 300 à 400 g/l
de sous-nitrate de bismuth (ayant une teneur en Bi₂O₃ de 80 % en
poids) avec une solution aqueuse contenant environ 90 à 160 g/l
d'acide phosphorique à 85 %. Le rapport pondéral acide
phosphorique /sous-nitrate de bismuth recommandé suivant ledit
30 brevet est d'environ 1/2.

Le brevet français FR-B-2 153 173 concerne l'obtention
du phosphate neutre de bismuth colloïdal suivant un procédé

-3-

consistant à mettre en présence en proportions équimoléculaires une solution aqueuse d'acide phosphorique contenant 125 g/l d'acide phosphorique et une solution de sous-nitrate de bismuth contenant 300 g/l de sous-nitrate de bismuth, à maintenir ce
 5 mélange sous agitation à 40-45°C pendant 12 heures environ, à neutraliser la solution surnageante, et à laver le précipité à l'eau et au bicarbonate de sodium jusqu'à neutralité.

Le brevet FR-B-2 153 173 prévoit une durée de contact de
 10 12 heures environ, des ingrédients du milieu réactionnel constitués par la solution aqueuse de sous-nitrate de bismuth, d'une part, et la solution aqueuse d'acide phosphorique. Il se trouve que cette durée est arbitraire et ne procure aucun élément favorable en ce qui concerne la qualité du produit fini et/ou le
 15 rendement de la réaction.

Ledit brevet prévoit également un lavage du phosphate de bismuth après sédimentation sous la forme de particules d'une taille voisine du micromètre [cf page 1, lignes 37-39 de FR-P-2 153 173]. Or il se trouve que (i) la sédimentation est trop
 20 lente pour assurer une décantation efficace du phosphate de bismuth colloïdal et que (ii) le lavage ou rinçage dudit phosphate de bismuth tel que préconisé est insuffisant pour éliminer toutes les traces de phosphate de nitrate, de nitrate et de carbonate solubles et des sels correspondants.

25 En effet quand on calcule la vitesse théorique de sédimentation de particules dans un milieu visqueux selon la loi de Stocks suivant la relation

$$V = \frac{2r^2 (d_1 - d_2)g}{9\eta}$$

où

V = vitesse de sédimentation (en cm/s),

r = rayon des particules (en cm),

35 d₁ = densité de la phase dispersée (en g/cm³),

d₂ = densité de la phase dispersante (en g/cm³),

g = accélération de la pesanteur (980 cm/s^2),
 n = viscosité newtonienne de la phase dispersante [$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,0101$ poise (soit environ 1 cP ; 1 cP correspond approximativement à 10^{-3} Pa)],

5 on a, pour $r = 1$ micromètre (i.e. 10^{-4} cm), $d_1 = 6 \text{ g/cm}^3$,
 $d_2(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ g/cm}^3$, et $n = 1 \text{ cP}$, $V = 0,001 \text{ cm/s}$ environ, soit une distance parcourue en 1 heure par une particule de phosphate de bismuth voisine de $3,6 \text{ cm}$.

10 **BUT DE L'INVENTION**

Il existe un besoin en phosphate de bismuth colloïdal pour le traitement des ulcères, des gastrites et des duodénites. Dans cette optique, on se propose selon l'invention de fournir un nouveau procédé de synthèse du phosphate de bismuth colloïdal qui
15 ne présente pas les inconvénients précités de l'art antérieur.

OBJET DE L'INVENTION

Suivant l'invention, on préconise un nouveau procédé de préparation d'un gel de phosphate de bismuth qui est caractérisé en ce que :

20 - il comprend la réaction du sous-nitrate de bismuth avec l'acide phosphorique, et

1°) on dissout le sous-nitrate de bismuth dans de l'acide nitrique commercial ayant une densité de l'ordre de $1,41$, et porte puis maintient la solution résultante à 40°C ;

25 2°) on dilue l'acide phosphorique avec de l'eau purifiée (notamment choisie parmi l'ensemble comprenant l'eau distillée, l'eau bidistillée ou mieux l'eau déminéralisée ayant une résistivité supérieure ou égale à $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$) jusqu'à ce que l'on obtienne une concentration en acide phosphorique comprise entre 20
30 et 122 g/l , puis porte et maintient à 40°C la température de la solution résultante ;

3°) on introduit à 40°C sous agitation la solution diluée d'acide phosphorique obtenue suivant le stade 2°) dans la solution de sous-nitrate de bismuth obtenue suivant le stade 1°) ;

4°) on maintient le milieu réactionnel obtenu suivant le stade 3°) à 40°C sous agitation douce pendant une durée supérieure ou égale à 0,5 h ;

- 5 4°) on concentre le précipité formé au cours du stade 4°) selon une technique choisie parmi l'ensemble comprenant les filtration et centrifugation, pour obtenir un gel de consistance crémeuse ;

- 10 6°) on rince le gel ainsi obtenu en le diluant avec de l'eau puis en le concentrant à nouveau suivant le stade 5°), jusqu'à ce que le gel ainsi rincé ait une acidité résiduelle inférieure à 0,1 N ;

7°) on lave ledit gel ainsi obtenu au stade 6°) d'une solution de bicarbonate de sodium à 15-25 g/l ;

- 15 8°) on lave le précipité résultant qui contient essentiellement le phosphate de bismuth sous forme de gel en association avec de l'eau, en procédant à nouveau à une opération de concentration suivant le stade 5°) et à une opération de rinçage et de concentration suivant le stade 6°).

- 20 Pour obtenir un produit conforme aux prescriptions des pharmacopées française et étrangères et éviter la présence d'impuretés dans le phosphate de bismuth final utilisable en thérapeutique, il est impératif de mettre en oeuvre les stades 1°) à 8°) du présent procédé.

- 25 La dissolution du sous-nitrate de bismuth dans l'acide nitrique conduit à la formation de nitrate de bismuth qui cristallise en moins d'une heure si la température de la solution résultante n'est pas maintenue à une température supérieure ou égale à 40°C. De plus si le milieu réactionnel du stade 1°) n'est pas maintenu à une température voisine de 40°C on obtient un
30 phosphate de bismuth impur contenant comme impureté principale du nitrate de bismuth. En conséquence, il faut opérer à 40°C, en portant et maintenant à cette température les solutions des stades 1°) et 2°), puis en effectuant les opérations des stades 3°) et 4°) à cette même température.

De façon pratique, les opérations de concentration [suivant le stade 5°)], de rinçage [suivant le stade 6°)] et de lavage [suivant les stades 7°) et 8°)] seront effectuées à une température comprise entre la température ambiante (15-25°C) et la
5 température de 40°C, la température préférée étant de 40°C.

Il est important de respecter l'ordre d'introduction des réactifs du stade 3°). En effet, si l'on verse la solution nitrique de sous-nitrate de bismuth dans la solution d'acide phosphorique, on obtient un phosphate de bismuth, ayant une
10 granulométrie très élevée, d'une part, et une vitesse de sédimentation trop élevée qui implique un risque d'entraînement de nitrate de bismuth dans le phosphate de bismuth formé, d'autre part. En fait suivant l'invention, on préconise des modalités opératoires qui donnent une sédimentation du phosphate de bismuth
15 qui permette de limiter la durée de réaction du stade 4°) et convienne pour les futures opérations de rinçage et de lavage. En d'autres termes, on préconise suivant l'invention une technique réactionnelle qui procure une granulométrie particulière et par suite une sédimentation du phosphate de bismuth d'une vitesse
20 suffisamment élevée se situant entre (i) la vitesse relativement lente (12 h de réaction quand on verse l'acide phosphorique dans la solution de sous-nitrate de bismuth) de FR-B-2 153 173, et (ii) la vitesse relativement grande (qui est néfaste pour la qualité du produit final) quand on verse la solution nitrique de sous-nitrate
25 de bismuth dans l'acide phosphorique.

La qualité du phosphate de bismuth est en effet fonction de la concentration des composants intervenant au stade 3°) et par suite au stade 4°). Cette concentration influence la répartition granulométrique du phosphate de bismuth colloïdal obtenu : plus la
30 concentration du milieu réactionnel est élevée, plus le précipité obtenu au stade 3°) est dense. Aussi selon une des caractéristiques de l'invention on préconise, pour la mise en oeuvre du stade 3°), de préparer :

- (A) au stade 1°), une solution renfermant 200 à
35 450 g/l (et mieux 250 à 400 g/l) de sous-nitrate de bismuth dans de l'acide nitrique commercial

-7-

[solution aqueuse contenant en poids 63 %
($d_4^{20^\circ\text{C}} = 1,410$) à 70 % ($d_4^{20^\circ\text{C}} = 1,413$) de HNO_3],

et

- (E) au stade 2°), une solution aqueuse renfermant 20
5 à 122 g/l d'acide phosphorique,

de façon que le rapport pondéral R acide phosphorique / sous-nitrate de bismuth, qui est utilisé au stade 3°), soit compris entre 1/2,5 et 1/3, et mieux entre 1/2,6 et 1/2,2.

- On remarquera à ce sujet que, selon FR-D-2 043 490, la
10 concentration du sous-nitrate de bismuth est de 300 à 400 g/l, celle de l'acide phosphorique est de 76,5 (i.e. : $90 \times 0,85$) à 136 (i.e. : $160 \times 0,85$ g/l) et le rapport pondéral R préféré est de l'ordre de 1/2 (sic), et que, selon FR-D-2 152 172, la concentration du sous-nitrate de bismuth est de 300 g/l, celle de
15 l'acide phosphorique est de 125 g/l et le rapport pondéral R est de 1/2,4.

- La matière première utilisée au stade 1°) est de préférence un sous-nitrate de bismuth dit lourd ayant une teneur en Bi de 70 à 74 % en poids (soit approximativement une teneur en Bi_2O_3
20 de 79 à 82 % en poids). Le sous-nitrate de bismuth dit léger est également utilisable comme matière première.

- La dilution du stade 2°) est réalisée avec une eau purifiée comme indiqué ci-dessus. De préférence on utilisera une eau déminéralisée ayant une résistivité supérieure ou égale à 10^5
25 $\Omega\cdot\text{cm}$, et mieux supérieure ou égale à $10^6 \Omega\cdot\text{cm}$. De façon pratique, l'acide phosphorique utilisé comme matière première devant être dilué, sera un produit du commerce, notamment une solution aqueuse commerciale contenant 35 % en poids de H_3PO_4 (solution commerciale ayant une densité $d^{25^\circ\text{C}} = 1,6850$).

- 30 Selon l'invention, on préparera avantageusement une solution d'acide phosphorique renfermant une quantité de H_3PO_4 supérieure à 20 g/l et inférieure ou égale à environ 120 g/l, le rapport pondéral R utilisé au stade 3°) étant compris entre 1/2,5 et 1/3 et mieux entre 1/2,6 et 1/2,2.

- 35 Les eaux de rinçage et de lavage des stades 6°) et 2°)

seront avantageusement des eaux purifiées comme indiqué ci-dessus (eau distillée, eau bidistillée ou eau déminéralisée) ; la solution de bicarbonate de sodium du stade 7°) sera avantageusement préparée par dissolution dudit bicarbonate de sodium dans
5 de l'eau purifiée.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, on prévoit, à l'issue du stade 8°), l'opération complémentaire suivante :

9°) on sèche le gel ainsi lavé et obtenu suivant le
10 stade 8°), jusqu'à ce que l'on obtienne un gel de phosphate de bismuth séché ayant une teneur résiduelle en eau inférieure ou égale à 4 % en poids.

Le stade 9°) est facultatif ; quand on réalise le séchage on opère dans une étuve ventilée. La température de séchage
15 peut être comprise entre 40°C et 100°C, voire supérieure à 100°C. Ce séchage est une simple déshydratation d'un produit minéral sans risque de dégradation de celui-ci.

Enfin, la concentration du stade 5°) comprend une centrifugation dite simple, une centrifugation dite tangentielle,
20 une centrifugation ou une ultracentrifugation.

Selon le meilleur mode de mise en oeuvre du procédé de l'invention, on préconise de mettre en oeuvre les modalités des stades 3°) et 4°) pendant une durée de réaction de 0,5 à 3 h, et, d'entreprendre au moins trois rinçages successifs du produit
25 concentré obtenu suivant le stade 5°). En pratique on reproduira à cet effet au moins 3 fois de suite les modalités du stade 6°), avant de mettre en oeuvre le stade 7°), le stade 9°) sus-visé étant ici réalisé après le stade 3°).

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention
30 seront mieux compris à la lecture qui va suivre d'exemples de préparation et de résultats d'essais comparatifs. Bien entendu, l'ensemble de ces éléments n'est pas limitatif mais est donné à titre d'illustration.

EXEMPLE 1

35 On opère selon les modalités opératoires du meilleur mode de réalisation précité :

stade 1°) :

5

on dissout 40 g de sous-nitrate de bismuth lourd ayant une teneur en Bi_2O_3 de 90 % en poids dans 150 ml d'une solution aqueuse d'acide nitrique renfermant 69 % en poids de HNO_3 , on porte puis maintient la solution résultante à 40°C ;

stade 2°) :

10

on dilue 17 g d'acide phosphorique ayant une teneur en H_3PO_4 de 85 % en poids dans 200 ml d'eau déminéralisée ayant une résistivité supérieure ou égale à $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ et mieux supérieure ou égale à $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$, jusqu'à ce que l'on ait une solution aqueuse renfermant de 20 à 122 g/l de H_3PO_4 ; on porte puis maintient à 40°C la température de la solution résultante ;

15

stade 3°) :

20

on introduit à 40°C sous agitation la solution diluée d'acide phosphorique obtenue suivant le stade 2°) dans la solution de sous-nitrate de bismuth obtenue suivant le stade 1°), le rapport pondéral ρ tel que défini ci-dessus étant de 1/2,76 ;

25 stade 4°) :

on maintient le milieu réactionnel obtenu suivant le stade 3°) à 40°C sous agitation douce pendant une durée de 0,5 h ;

stade 5°) :

30

on concentre le précipité formé au cours du stade 4°) selon une technique choisie parmi l'ensemble comprenant les filtration et centrifugation, pour obtenir un gel de consistance créneuse ;

35 stade 6°) :

on rince trois fois le gel ainsi obtenu en le

diluant avec de l'eau, chaque rinçage étant suivi d'une concentration suivant le stade 5°) ci-dessus, jusqu'à ce que le gel ainsi rincé ait une acidité résiduelle inférieure à 0,1N ;

5 stade 7°) :

on lave ledit gel ainsi obtenu au stade 6°) au moyen d'une solution de bicarbonate de sodium à 15-25 g/l ;

 stade 8°) :

10

on lave le précipité résultant qui contient essentiellement le phosphate de bismuth sous forme de gel en association avec de l'eau, en procédant à nouveau à une opération de concentration suivant le stade 5°) et à une opération de rinçage et de concentration suivant le stade 6°) ;

15

 stade 9°) :

20

on sèche le gel ainsi lavé suivant le stade 9°), à une température de 40-100°C ou supérieure à 100°C, jusqu'à ce que l'on obtienne un gel de phosphate de bismuth séché ayant une teneur résiduelle en eau inférieure ou égale à 4 % en poids.

EXEMPLES 2-6

25

On prépare un gel de phosphate de bismuth selon le procédé de l'exemple 1 en tenant compte des modalités consignées dans le tableau I ci-après. Le produit de l'exemple 6 est préparé avec une durée de réaction de 12 h identique à celle préconisée par FR-A-2 153 173.

30 EXEMPLES COMPARATIFS CP1 ET CP2

On prépare des gels selon le procédé décrit objet du brevet FR-B-2 153 173 le premier (CP1) avec un rapport R de 2,4, et le second (CP2) avec un rapport R de 3,4. Les modalités opératoires correspondantes sont également consignées dans le

35

tableau I ci-après.

TABLEAU I

Produit	durée (a)	Composants			R (f)
		(b)	(c)	(d)	(e)
Ex 1	0,5 h	40 g (267 g/l)	150 ml	17 g (72,2 g/l)	200 ml
Ex 2	0,5 h	40 g (267 g/l)	150 ml	17 g (26,1 g/l)	400 ml
Ex 3	1,5 h	40 g (267 g/l)	150 ml	17 g (24,0 g/l)	600 ml
Ex 4	3 h	40 g (400 g/l)	100 ml	17 g (20,6 g/l)	700 ml
Ex 5	0,5 h	40 g (308 g/l)	130 ml	17 g (120,4 g/l)	120 ml
Ex 6	12 h	40 g (350 g/l)	114 ml	17 g (77,3 g/l)	137 ml
CP 1	12 h	40 g (350 g/l)	114 ml	22 g (100 g/l)	137 ml
CP 2	12 h	40 g (350 g/l)	114 ml	15 g (68,2 g/l)	137 ml

Notes :

- (a) durée de réaction ;
 (b) quantité de sous-nitrate de bismuth contenant 90 % en poids de Bi_2O_3 , avec entre parenthèses la concentration en pourcentage en poids du dit sous-nitrate dans la solution nitrique ;
 (c) volume de la solution d'acide nitrique contenant 69 % en poids de HNO_3 utilisée pour dissoudre le sous nitrate de bismuth ;
 (d) quantité d'acide phosphorique contenant 95 % en poids de H_3PO_4 , avec entre parenthèses la concentration en pourcentage en poids de H_3PO_4 dans la solution diluée d'acide phosphorique ;
 (e) volume d'eau déminéralisée (résistivité supérieure à $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$) ;
 (f) rapport pondéral H_3PO_4 (sous-nitrate de bismuth au début de la réaction).

ANALYSE

On a consigné dans le tableau II ci-après les rendements obtenus pour les exemples 1-6 et les exemples comparatifs CP1 et CP2 lors de la synthèse des gels de phosphate de bismuth ainsi que les dosages des teneurs (exprimées en pourcentage en poids) en bismuth, ions PO_4^{3-} et eau desdits gels.

Les résultats obtenus mettent en évidence l'intérêt de l'invention en ce qui concerne la qualité du gel de phosphate de bismuth et le rendement de la synthèse, d'une part, et surtout les économies d'énergie qui résultent de la diminution de la durée de réaction de 12 h à 0,5-3 h, d'autre part.

TABLEAU II

Produit	Bi	PO ₄ ³⁻	H ₂ O	Rendement
Ex 1	66,4 %	20,3 %	1,7 %	36 g
Ex 2	67,8 %	30 %	4 %	38 g
Ex 3	67,7 %	20,6 %	4 %	37 g
Ex 4				40 g
Ex 5	67,7 %			31 g
Ex 6	66,1 %	30,2 %	4 %	30 g
CP 1	66,2 %		4,1 %	26 g
CP 2	66,3 %		4,5 %	24 g

REVENDEICATIONS

1. Procédé de préparation d'un gel de phosphate de bismuth comprenant la réaction du sous-nitrate de bismuth avec l'acide phosphorique, et qui est caractérisé en ce que :
- 1°) on dissout le sous-nitrate de bismuth dans de
5 l'acide nitrique commercial ayant une densité de l'ordre de 1,41, et porte puis maintient la solution résultante à 40°C ;
- 2°) on dilue l'acide phosphorique avec de l'eau purifiée (notamment choisie parmi l'ensemble comprenant l'eau distillée, l'eau bidistillée ou mieux l'eau déminéralisée ayant une
10 résistivité supérieure ou égale à $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$) jusqu'à ce que l'on obtienne une concentration en acide phosphorique comprise entre 20 et 122 g/l, puis porte et maintient à 40°C la température de la solution résultante ;
- 3°) on introduit à 40°C sous agitation la solution
15 diluée d'acide phosphorique obtenue suivant le stade 2°) dans la solution de sous-nitrate de bismuth obtenue suivant le stade 1°) ;
- 4°) on maintient le milieu réactionnel obtenu suivant le stade 3°) à 40°C sous agitation douce pendant une durée supérieure ou égale à 0,5 h ;
- 20 5°) on concentre le précipité formé au cours du stade 4°) selon une technique choisie parmi l'ensemble comprenant les filtration et centrifugation, pour obtenir un gel de consistance crémeuse ;
- 6°) on rince le gel ainsi obtenu en le diluant avec de
25 l'eau puis en le concentrant à nouveau suivant le stade 5°), jusqu'à ce que le gel ainsi rincé ait une acidité résiduelle inférieure à 0,1 N ;

7°) on lave ledit gel ainsi obtenu au stade 6°) au moyen d'une solution de bicarbonate de sodium à 15-25 g/l ;

8°) on lave le précipité résultant qui contient essentiellement le phosphate de bismuth sous forme de gel en association avec de l'eau, en procédant à nouveau à une opération de concentration suivant le stade 5°) et à une opération de rinçage et de concentration suivant le stade 6°).

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que :

10 au stade 1°) :

on prépare une solution renfermant 200 à 450 g/l de sous-nitrate de bismuth dans de l'acide nitrique commercial contenant 68-70 % en poids de HNO_3 ,
au stade 2°) :

15 on prépare une solution aqueuse d'acide phosphorique renfermant 20 à 122 g/l de H_3PO_4 , et
au stade 3°) :

on verse à 40°C sous agitation la solution diluée d'acide phosphorique dans la solution d'acide nitrique contenant
20 le sous-nitrate de bismuth de telle façon que le rapport pondéral (R) H_3PO_4 /sous-nitrate de bismuth soit compris entre 1/2,5 et 1/3.

3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que :

au stade 1°) :

25 on prépare une solution renfermant 250 à 400 g/l de sous-nitrate de bismuth dans de l'acide nitrique commercial contenant 68-70 % en poids de HNO_3 ,
au stade 2°) :

30 on prépare une solution aqueuse d'acide phosphorique renfermant 20 à 120 g/l de H_3PO_4 , et
au stade 3°) :

on verse à 40°C sous agitation la solution diluée d'acide phosphorique dans la solution d'acide nitrique contenant le sous-nitrate de bismuth de telle façon que le rapport pondéral
35 (R) H_3PO_4 /sous-nitrate de bismuth soit compris entre 1/2,6 et

1/2,8.

4. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que, au stade 4°),

la durée de réaction est comprise entre 0,5 h et 3 h.

5 5. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le stade 6°) comprend au moins trois rinçages successifs du produit concentré obtenu suivant le stade 5°), chaque rinçage étant suivi d'une opération de concentration selon le stade 5°).

10 6. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le stade 8°) est suivi d'une opération complémentaire selon laquelle :

15 9°) on sèche le gel ainsi obtenu suivant le stade 9°), jusqu'à ce que l'on obtienne un gel de phosphate de bismuth séché ayant une teneur résiduelle en eau inférieure ou égale à 4 % en poids.

7. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les opérations des stades 5°) à 7°) sont effectués à une température comprise entre la température ambiante et la température de 40°C, et mieux à la température de 40°C.

20 8. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'eau de rinçage ou lavage des stades 6°) et 8°) est une eau purifiée.

9. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la solution de bicarbonate de sodium utilisée au stade 7°) est
25 obtenue par dissolution de bicarbonate de sodium dans de l'eau purifiée.