



(22) Date de dépôt/Filing Date: 1993/04/13

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1993/10/11

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2003/10/21

(30) Priorité/Priority: 1992/04/10 (92 04411) FR

(51) Cl.Int.⁵/Int.Cl.⁵ C07J 9/00, A61K 49/02, A61K 43/00

(72) Inventeurs/Inventors:

TOP, SIDEN, FR;
VESSIERES, ANNE, FR;
JAOUEN, GERARD, FR;
QUIVY, JACQUES, FR

(73) Propriétaire/Owner:

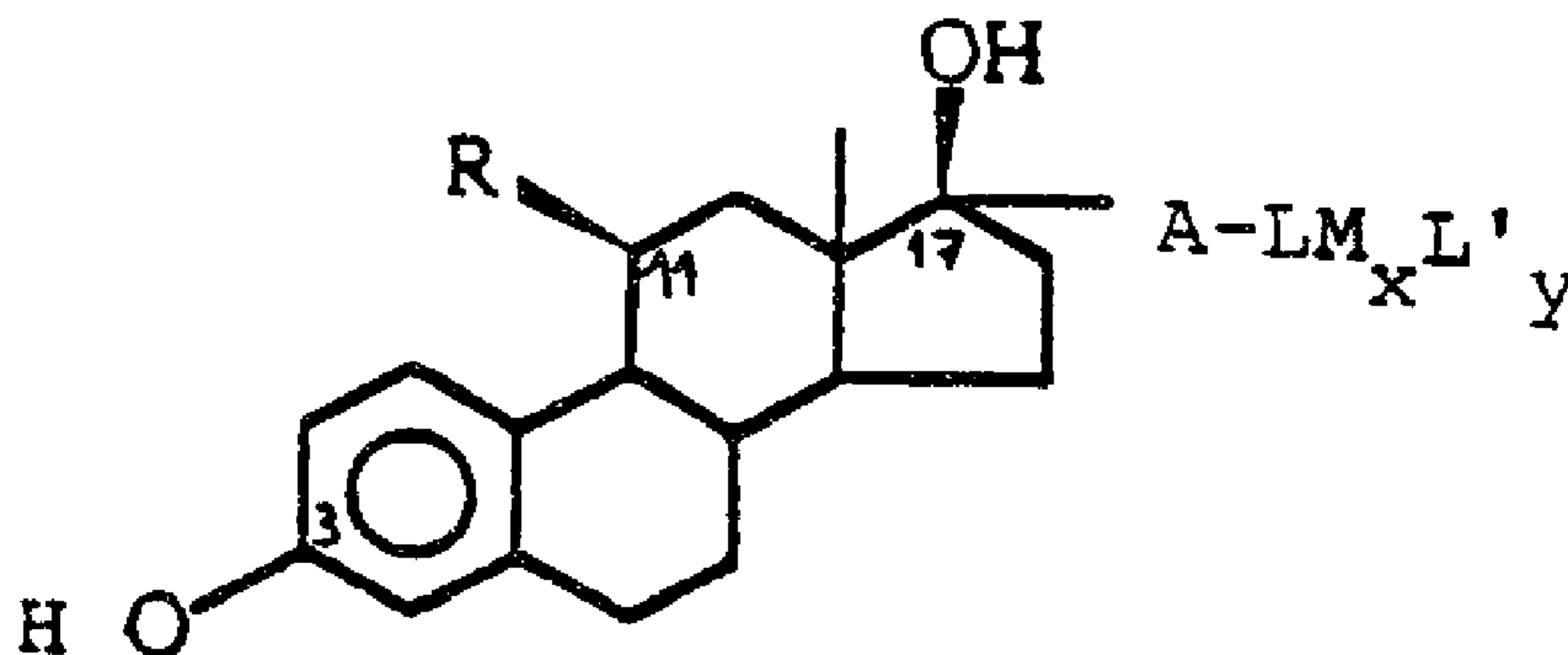
REGION WALLONNE (LA), BE

(74) Agent: OGILVY RENAULT

(54) Titre : MARQUAGE DES HORMONES PAR LE RHENIUM ET LE TECHNETIUM

(54) Title: HORMONE LABELLING WITH RHENIUM AND TECHNETIUM

(I)

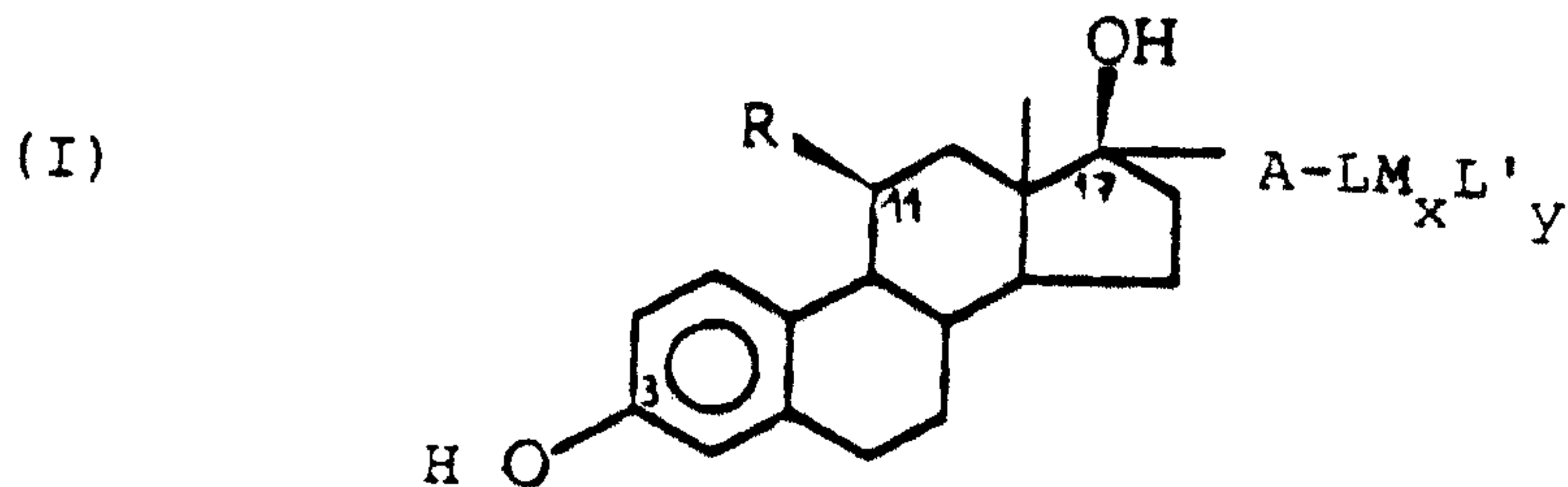


(57) Abrégé/Abstract:

Complexe d'oestrogène organo-métallique répondant à la formule (I): (voir formule I) dans laquelle . A représente un reste divalent d'un radical alkyl en C₁ à C₇, alcényl ou alcynyl en C₂ à C₇; . M_x représente un ou plusieurs métaux de transition identiques ou différents, . L'_y représente un ou plusieurs ligands identiques ou différents complexant le(s)dit(s) métal(aux) M_x, et . L représente un ligand de M_x couplé de façon covalente à A ou . L représente "rien" auquel cas M_xL'_y est greffé directement sur un carbone d'une triple liaison C≡C de A qui représente un alcényl, . R représente H ou un alkyl ou alcoxy en C₁ à C₇ éventuellement substitué par un ou plusieurs halogènes.

ABREGE DESCRIPTIF

Complexe d'oestrogène organo-métallique répondant à la formule (I):



- dans laquelle . A représente un reste divalent d'un radical alkyl en C_1 à C_7 , alcényl ou alcynyl en C_2 à C_7 ;
- . M_x représente un ou plusieurs métaux de transition identiques ou différents,
 - . L'_y représente un ou plusieurs ligands identiques ou différents complexant le(s)dit(s) métal(aux) M_x , et
 - . L représente un ligand de M_x couplé de façon covalente à A ou
 - . L représente "rien" auquel cas $M_xL'_y$ est greffé directement sur un carbone d'une triple liaison $C\equiv C$ de A qui représente un alcynyl,
 - . R représente H ou un alkyl ou alcoxy en C_1 à C_7 éventuellement substitué par un ou plusieurs halogènes.

MARQUAGE DES HORMONES PAR LE RHENIUM ET LE TECHNETIUM

La présente invention concerne de nouveaux complexes organo-métalliques d'hormones stéroïdes, en particulier des complexes d'œstrogènes. La présente invention concerne également l'utilisation de la propriété de ligand spécifique de récepteur d'hormones stéroïdes, notamment d'œstrogène, des complexes selon l'invention, pour une application à titre d'agents d'imagerie lorsqu'ils comportent un isotope radioactif approprié pour métal ou une utilisation comme médicament, en particulier pour le traitement de cancers hormonaux dépendants. Dans ce dernier cas, lorsque le métal est un isotope radioactif approprié, les complexes peuvent être utilisés dans le cadre du concept de radiothérapie ciblée in-situ.

Les hormones stéroïdes se lient avec une haute affinité aux récepteurs protéiques situés, dans le cas des œstrogènes, dans le noyau des cellules cibles. Après liaison de l'hormone, il se produit un phénomène d'activation qui les rend capables de se lier au DNA et déclenche l'activation de la transcription des portions du génome qui contrôlent l'activité physiologique propre à l'hormone. Étant donné le passage du complexe stéroïde-récepteur à proximité du DNA, un isotope radioactif porté par le stéroïde pourra endommager gravement le DNA et avoir un effet léthal sur la cellule cible.

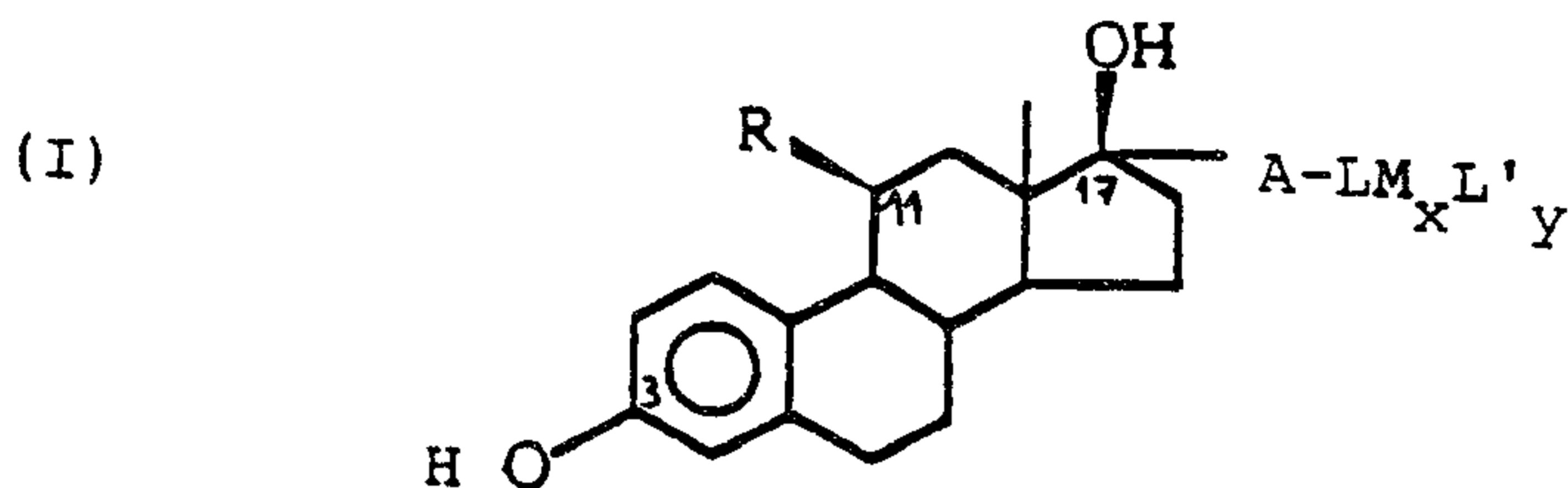
Or un certain nombre de cancers présentent une concentration élevée en récepteurs spécifiques aux œstrogènes. Il s'agit notamment des cancers du sein, de l'utérus, de l'ovaire et de la prostate. Par exemple, 65% des cancers du sein présentent des niveaux détectables de récepteurs d'estrogènes (de 5000 à 50000 molécules de récepteurs par cellule). Un isotope radioactif approprié, attaché au stéroïde, permet la destruction spécifique des cellules cancéreuses. En outre, un isotope radioactif approprié permet de visualiser la tumeur par radioimagerie. En fait, ces ligands constituent des agents de pilotage de l'élément actif proprement dit qui est le radionucléide.

Pour des sites de fixation intracellulaire tels que les récepteurs hormonaux, des analogues d'hormones présentant une haute affinité pour le récepteur et une faible affinité pour les protéines de liaison plasmatiques seront les agents de pilotage les plus appropriés.

Un but de la présente invention était en particulier de fournir des complexes du Rhénium et du Technétium présentant une affinité pour

le récepteur oestrogène élevée et une bonne stabilité, notamment en vue du marquage de ces complexes par un isotope radioactif de ces métaux pour les applications mentionnées ci-dessus.

La présente invention a en effet pour objet un complexe d'oestrogène organo-métallique répondant à la formule (I).



dans laquelle . A représente un reste divalent d'un radical alkyl en C₁ à C₇, ou un alcényl ou alcynyl en C₂ à C₇

. M_x représente un ou plusieurs métaux de transition identiques ou différents

. L'_y représente un ou plusieurs ligands identiques ou différents complexant le(s) dit(s) métal(aux) M_x

. L représente un ligand de M_x couplé de façon covalente à A, ou

L représente "rien" et M_x est greffé directement sur un carbone d'une triple liaison C≡C de A lequel représente un radical alcynyl, et

. R représente H ou un alkyl ou alcoxy en C₁ à C₇, éventuellement substitués notamment par un ou plusieurs halogène(s) ;

en particulier, R peut représenter H, CH₂Cl, -OCH₃ ou -(CH₂)_nCH₃ avec n = 1 à 4.

Les fonctions hydroxyles en positions C₃ et C₁₇ confèrent à ces ligands une affinité élevée pour les récepteurs d'oestrogène.

La fonction 11bêta-chlorométhyle, le cas échéant, accentue la stabilité du complexe récepteur-hormone, augmentant ainsi sa concentration à proximité du noyau cellulaire. Cette fonction en position 11bêta assure en fait une liaison quasi-irréversible avec le récepteur oestrogène.

Ces complexes satisfont les conditions requises pour leur utilisation, à savoir la stabilité et la bonne reconnaissance par le récepteur de l'oestradiol.

On observe une amélioration de l'affinité pour le récepteur oestrogène des complexes stéroïdes lorsqu'on éloigne le complexe métallique $LM_xL'_y$ du cycle D par le linker A. En particulier, il y a
 5 une amélioration notable de l'affinité pour le récepteur oestrogène des complexes stéroïdes cyclopentadiényle- $Re(CO)_3$ en éloignant le cyclopentadiényle du cycle D par un linker, en particulier le groupe CH_2 ou le groupe Ethynyle. L'affinité des dérivés stéroïdes cyclopentadiényle $Re(CO)_3$ greffés directement sur le cycle D en 17- α est mauvaise.

On peut citer parmi les métaux appropriés du composé organométallique, selon l'invention, les métaux choisis parmi les groupes VI,
 10 VII, VIII, et IX de la classification périodique des éléments.

Parmi les ligands L'_y de ces composés organométalliques, on peut citer à titre d'exemple CO , CS , CSe , CNR_1 , phényle, $P(R_2, R_3, R_4)$, cyclopentadiényle (Cp), R_1 étant notamment un radical alkyle ou $-COR_5$ et
 15 R_2 , R_3 , R_4 et R_5 étant notamment des radicaux phényle ou phénoxy substitué ou non, alkyle ou alcoxy en C_1 à C_7 substitué ou non ou bien un atome d'halogène, R_5 pouvant être $-N(CH_2CH_2Cl)_2$.

Les composés $M_xL'_y$ peuvent comporter plusieurs métaux, notamment deux métaux, et jusqu'à 12 ligands, notamment 3 à 7 ligands.

20 Comme on l'a vu, de préférence, le métal M_x représente un ou plusieurs atome(s) d'un métal choisi parmi Re ou Tc .

En particulier, dans les complexes selon l'invention, A représente $-(CH_2)-$ ou $-(C \equiv C)-$. Dans ce cas, on pourra préparer les complexes par des procédés analogues à ceux décrits dans les exemples qui
 25 suivent.

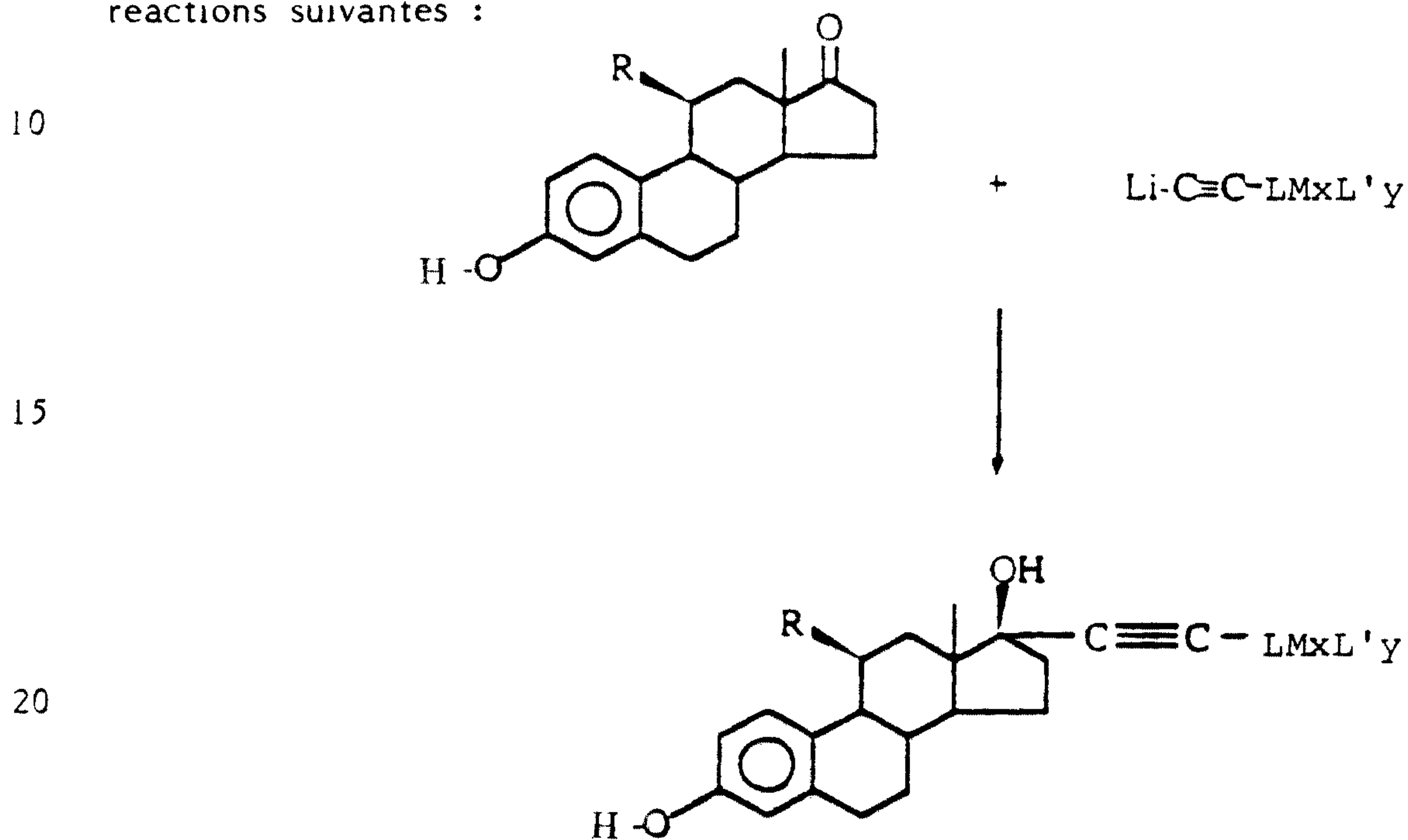
Dans les marqueurs d'affinités de formule I, L est choisi de préférence parmi les groupes phényle et cyclopentadiényle.

On peut citer, en particulier, les complexes selon l'invention dans lesquels :

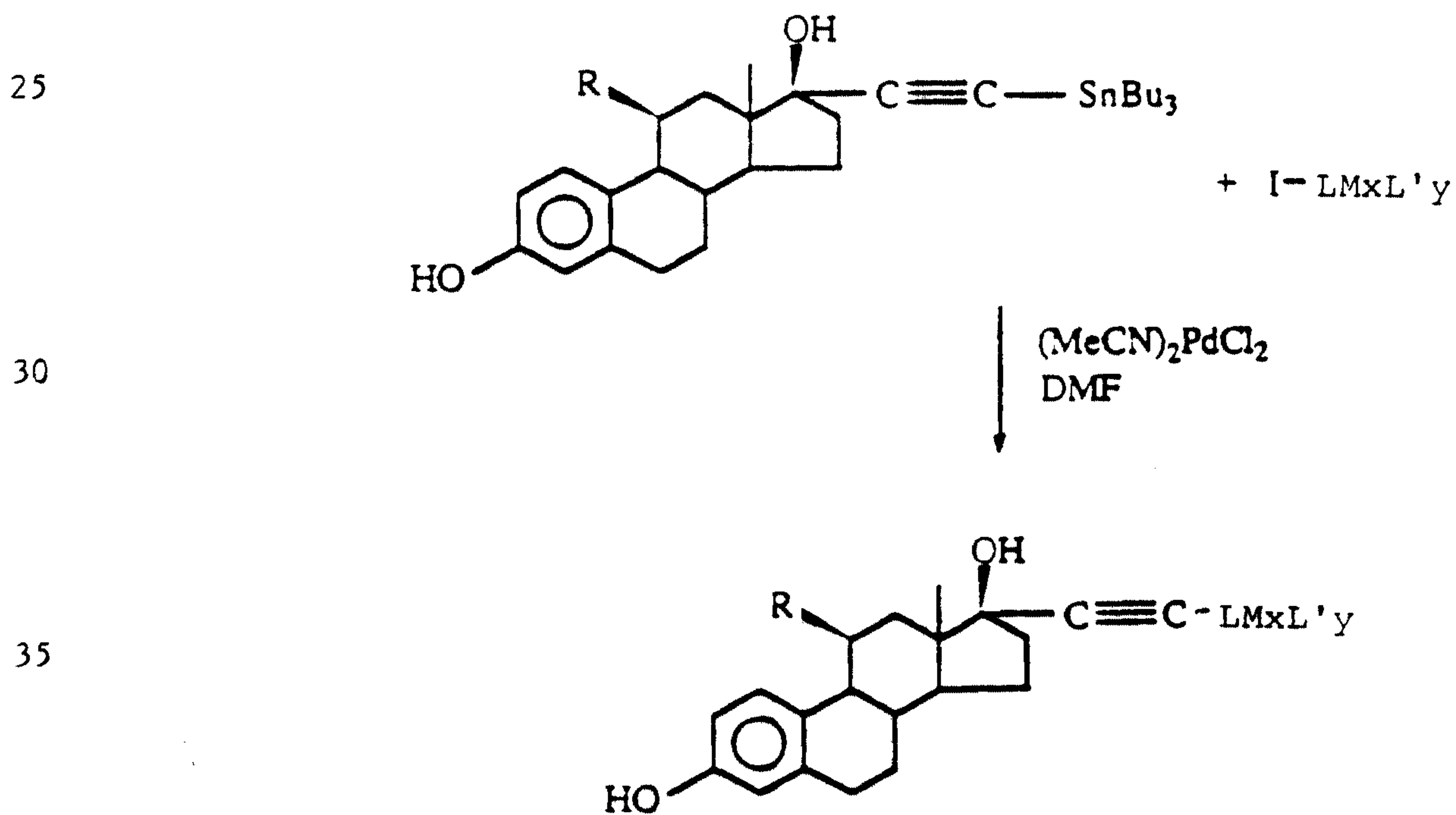
- 30
- $M_xL'_y$ est choisi parmi $Re(CO)_3$, $Re_2(CO)_7$, $Tc(CO)_3$, ou $Tc_2(CO)_7$, auquel cas, de préférence, L est couplé de façon covalente à A et de préférence encore L représente Cp ou C_6H_5 , ou
 - $M_xL'_y$ est choisi pour $Tc(CO)_5$ ou $Re(CO)_5$, auquel cas, de préférence, L représente "rien", ces complexes organo-métalliques
 35 étant greffés directement sur un carbone d'une triple liaison $C \equiv C$ de A qui représente alors un radical alcynyl.

Les composés, selon la présente invention, peuvent être préparés par des procédés connus, notamment par action sur le dérivé de composé oestrogène, d'un dérivé organo-métallique correspondant. Bien entendu, lorsque cela sera nécessaire, certaines des fonctions du composé oestrogène pourront être protégées, en particulier l'hydroxyle en position 3, là encore grâce à des procédés connus.

Ainsi, lorsque A représente $-C\equiv C-$, on peut utiliser les réactions suivantes :

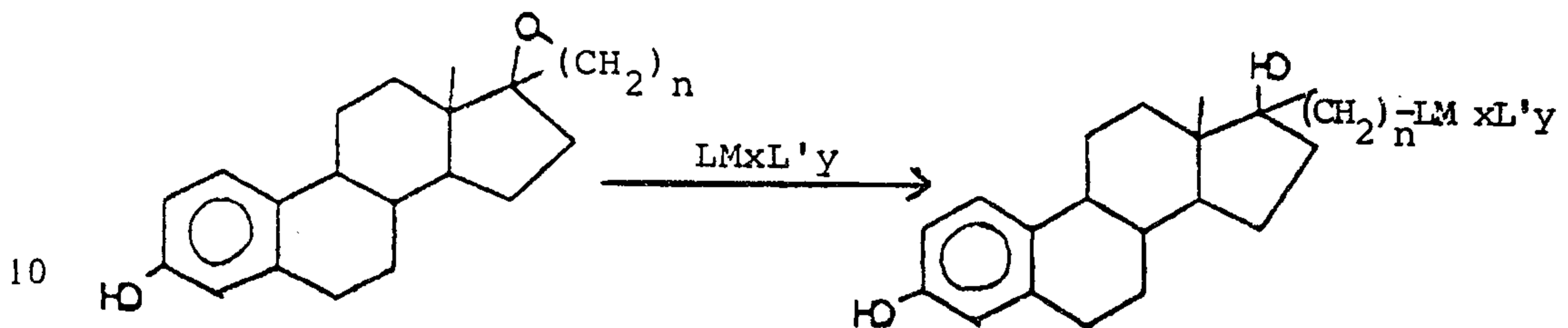


ou la réaction :



Ce dernier procédé permet de gagner une étape par rapport à celle utilisée précédemment. Ce gain de temps est très important dans le cas où le marqueur radioactif est impliqué.

Lorsque A représente $-(CH_2)_n$, on peut utiliser la réaction suivante :



15

Comme on l'a indiqué, les complexes selon l'invention peuvent être utilisés comme médicaments, notamment des cancers hormono-dépendants, les complexes selon l'invention pouvant être marqués ou non, ou en imagerie médicale lorsqu'ils comportent comme métal un isotope radioactif approprié.

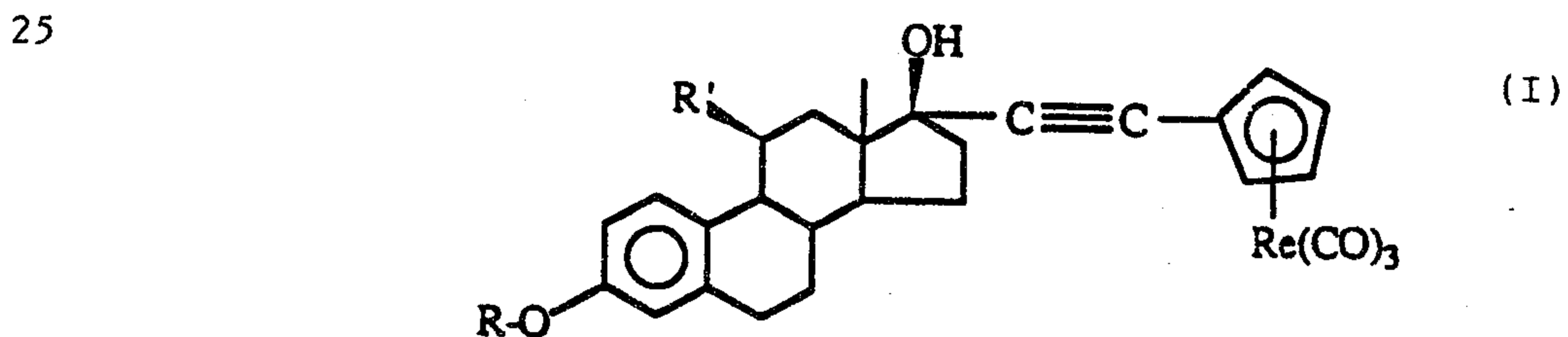
On peut citer en particulier les complexes dans lesquels le métal est ^{186}Re , ^{188}Re ou ^{99m}Tc en imagerie médicale et ^{186}Re ou ^{188}Re en radiothérapie ciblée in situ.

20

D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention apparaîtront à la lumière des exemples qui vont suivre.

EXEMPLE 1 : Dérivé 17alpha éthyanyl-cyclopentadiényl Rhénium

Il s'agit du complexe d'hormone de rhénium de formule (I)



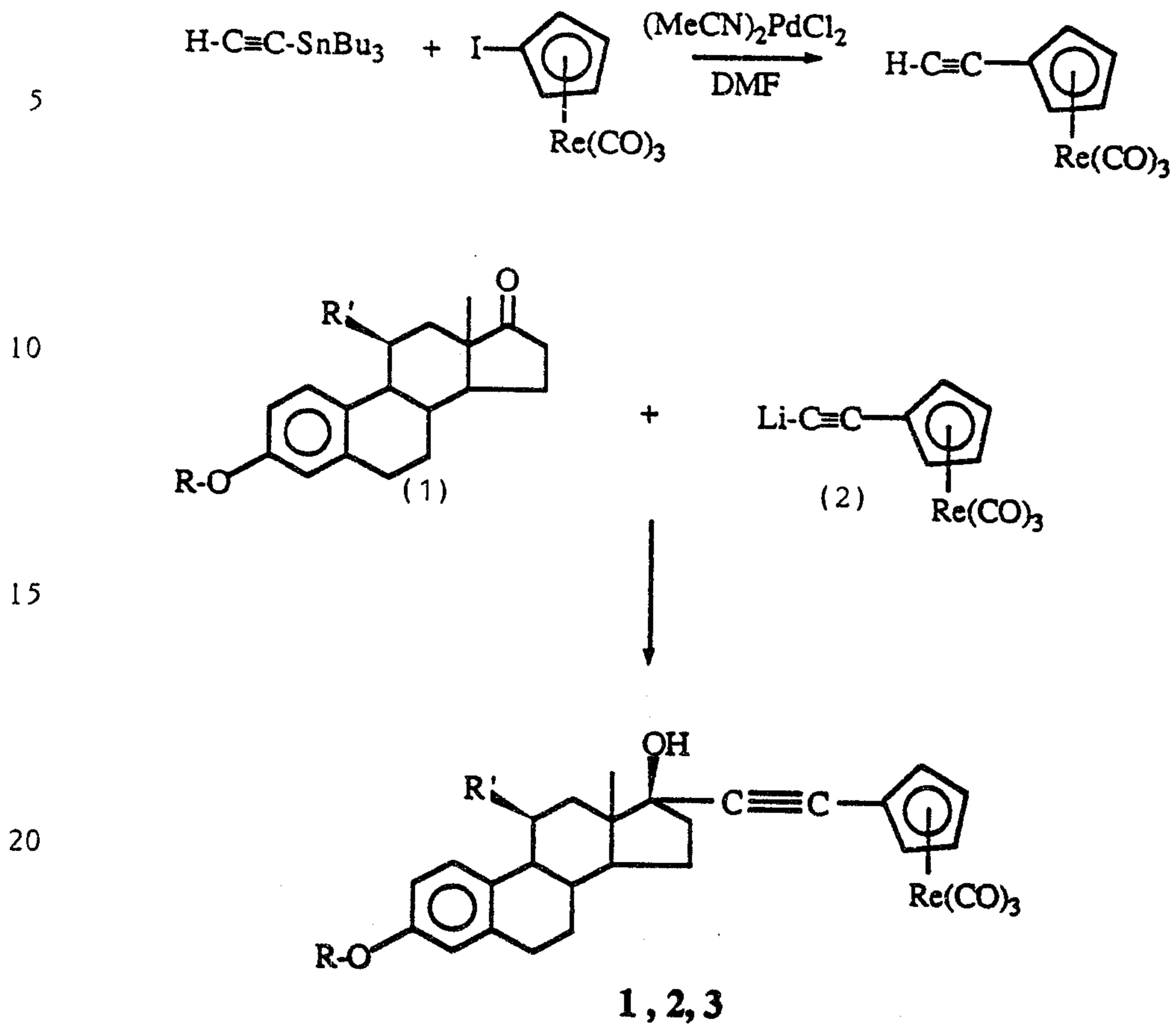
Complexe d'hormone	1	R = H	R' = H
	2	R = PhCH ₂	R' = H
	3	R = H	R' = ClCH ₂

I. Voie de synthèse

35

On a adopté la voie de synthèse suivante selon le schéma 1 suivant :

SCHEMA 1



Les complexes d'hormones peuvent être obtenus par la réduction du dérivé de l'oestrone (1) par le lithien $\text{Li-C}\equiv\text{C-CpRe(CO)}_3$ (2).

1. Synthèse du composé $\text{H-C}\equiv\text{C-CpRe(CO)}_3$

Le composé $\text{H-C}\equiv\text{C-CpRe(CO)}_3$ a été préparé par Stille et al selon la méthode de couplage entre le dérivé d'étain $\text{H-C}\equiv\text{C-SnBu}_3$ et l'iodure ICpRe(CO)_3 (C. Lo Sterzo and J.K. Stille, *Organometallics*, 1990, 9, 687-694). On a suivi la même méthode pour préparer ce réactif.

$\text{H-C}\equiv\text{C-SnBu}_3$ est obtenu par la réaction entre l'acétylure

H-C≡C-Li.EDA et le chlorure ClSnBu_3 . Le couplage entre H-C≡C-SnBu₃ et ICpRe(CO)_3 est ensuite réalisé en présence du catalyseur $(\text{MeCN})_2\text{PdCl}_2$.

2. Synthèse du complexe d'hormone 2

5 Dans le but de tester la faisabilité de la méthode, on a d'abord utilisé l'estrone (1) protégé en position 3 par un groupe benzyle. Cette protection permet de supprimer la réaction parasite entre la fonction phénolique et le lithien.

10 Le lithien $\text{Li-C}\equiv\text{C-CpRe(CO)}_3$ est d'abord généré à -70°C par action de sec-BuLi sur le composé H-C≡C-CpRe(CO)₃. L'oestrone protégé est ensuite ajouté à la solution du lithien maintenu à -70°C . Après le traitement et la purification, on obtient le complexe 2 avec un rendement de 29%.

15 Il est évidemment possible de déprotéger le complexe d'hormone 2 pour obtenir le complexe d'hormone 1 mais il est plus pratique d'obtenir ce composé directement avec de l'oestrone.

3. Synthèse du complexe d'hormone 1

20 L'utilisation directe de l'oestrone dans ce type de réaction est pénalisée par la réactivité de la fonction phénolique et par sa faible solubilité à basse température. Toutefois, on a réussi à faire une réaction directe sur l'oestrone en transformant au préalable la fonction phénol en phénolate et en diluant le milieu réactionnel.

25 Le complexe d'hormone 1 est finalement obtenu avec un rendement de 61%.

4. Synthèse du complexe d'hormone 3

30 Le 11bêta-chlorométhyl-bêta-oestradiol présente un très grand avantage du point de vue de l'affinité vis-à-vis du récepteur de l'oestradiol. Sa valeur ARL est très élevée, de l'ordre de 1000. On peut donc espérer que le complexe du 11bêta -chlorométhyl-bêta-oestradiol préserve encore une grande valeur d'ARL.

35 Le complexe peut se faire selon la même procédure utilisée pour l'oestrone. Etant donné l'accès difficile au 11bêta-chloro-méthyl-bêta-

oestradiol et son prix très élevé, il paraît plus astucieux d'ajouter directement l'hormone sur un excès de lithien sans la transformation préalable en phénolate. Dans cette situation, une partie du lithien $\text{Li-C}\equiv\text{C-CpRe(CO)}_3$ réagit avec la fonction phénol mais cette transformation ne présente pas une perte car $\text{H-C}\equiv\text{C-CpRe(CO)}_3$ régénéré est récupérable à la fin de la réaction.

Le complexe d'hormone 3 est obtenu avec un très bon rendement de 78%.

Il est donc possible de préparer les complexes d'hormone de Re présentant une bonne stabilité. Le groupe CpRe(CO)_3 remplit les conditions requises pour un marqueur.

Cette méthode de marquage est applicable pour le marquage au technétium.

D'une manière générale, les composés de rhénium et de technétium se comportent de la même manière vis-à-vis des réactions chimiques. Cette analogie permet un transfert des réactions impliquant des composés de rhénium à la chimie du technétium.

II. Partie expérimentale

1. $\text{H-C}\equiv\text{C-SnBu}_3$

L'acétylure $\text{H-C}\equiv\text{C-Li}$ est commercialement disponible sous la forme stabilisée $\text{H-C}\equiv\text{C-Li.EDA}$. Nous avons donc choisi d'utiliser ce réactif pour la synthèse. 3,5 g (0,038 mole) de $\text{H-C}\equiv\text{C-Li.EDA}$ sont mis en suspension dans 40 mL de THF. La solution de ClSnBu_3 dans du THF (20 mL) est ajoutée goutte à goutte à la première solution. On maintient l'agitation pendant une nuit. Après filtration et évaporation du solvant, l'huile obtenue est soumise à une distillation sous vide. On obtient finalement 4,3 g de $\text{H-C}\equiv\text{C-SnBu}_3$ sous forme d'huile incolore qui se distille à 70°C sous 0,1 mm Hg (littérature $76^\circ\text{C}/0,2$ mm Hg : Nesmeyanov A. N. et al., Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 1976, 174, 96). Rendement : 36%. RMN ^1H (200 MHz, CDCl_3 , δ en ppm) 2,21 (s, 1H, CH), 0,92 (t, 9H, Me).

2. $\text{H-C}\equiv\text{C-CpRe(CO)}_3$

Il est préparé selon la méthode décrite par Stille (C. Lo Sterzo and J. K Stille, Organometallics, 1990, 9, 687-694).

(η^5 -IC₅H₄)Re(CO)₃ (0,69 g, 1,5 mmole), H-C≡C-SnBu₃ (0,47 g, 1,5 mmole) et (MeCN)₂PdCl₂ (0,01 g, 0,02 mmole) sont dissous dans 15 mL de DMF. Après une nuit d'agitation, on ajoute 20 mL d'éther et 10 mL d'une solution aqueuse de KF à 50%. Le mélange est vigoureusement agité pendant 1 h en faisant passer en même temps un courant d'argon. Il est ensuite versé dans une ampoule à décanter. On extrait d'abord le produit par 50 mL d'éther. On lave la solution étherée par de l'eau (deux fois). L'eau de lavage est réunie avec la phase aqueuse précédente, on extrait de nouveau le produit par de l'éther (deux fois). Ensuite on réunit ensemble les fractions étherées et on les lave par de l'eau. Après séchage sur MgSO₄, filtration et évaporation, on obtient un solide que l'on chromatographie sur plaques de gel de silice avec comme éluant : CH₂Cl₂/pentane : 1/10. On obtient finalement le composé H-C≡C-CpRe(CO)₃ sous forme de solide beige, 0,40 g, rdt 73%. RMN ¹H (200 MHz, CDCl₃, δ en ppm) 2,83 (s, 1H, CH), 5,67 (t, 2H, Cp, J = 2,3 Hz), 5,30 (t, 2H, Cp, J = 2,3 Hz). IR (CH₂Cl₂) ν_{CO} : 2028 F, 1932 F. Ce composé est identifié par comparaison des données IR et RMN avec celles de la littérature (Stille).

3. Complexe d'hormone 2

0,216 g (0,6 mmole) de H-C≡C-CpRe(CO)₃ sont dissous dans 4 mL de THF. Après avoir refroidi la solution à -70°C, 0,77 mL d'une solution de sec-BuLi à 1,3 M (1 mmole) sont ajoutés à la solution précédente. Le mélange est agité à -70°C pendant 20 min. On ajoute ensuite goutte à goutte une solution de THF (3 mL) de benzylloxy-3-oestrone (0,216 g, 0,6 mmole). L'addition dure 1/2 h. L'agitation est maintenue pendant une nuit en laissant la température remonter lentement à la température ambiante (15 h). Après hydrolyse, extraction à l'éther et évaporation du solvant, le brut obtenu est chromatographié sur plaques de gel de silice, éluant : éther/pentane : 1/2. On récupère d'abord 0,070 g de H-C≡C-CpRe(CO)₃ non réagi et ensuite 0,120 g de complexe d'hormone 2 sous forme d'huile beige se solidifiant dans du pentane. Le rendement est de 29% ou 42% en tenant compte du H-C≡C-CpRe(CO)₃ récupéré. RMN ¹H (200 MHz, CD₃COCD₃, δ en ppm) 7,40 (m, 5H, Ph), 7,19 (d, 1H, H-1, J = 8,4 Hz), 6,77 (dd, 1H, H-2, J = 8,4 et 2,8 Hz), 6,71 (d, 1H, H-4, J = 2,8 Hz), 5,90 (t, 2H, Cp, J = 2,2 Hz), 5,59 (t, 2H, Cp, J = 2,2 Hz), 5,07 (s, 2H, CH₂-Ph), 4,49 (s, 1H, OH-17), 2,80 (m, 2H, H-6), 0,91 (s, 3H, Me-13). IR (CH₂Cl₂) ν_{CO} : 2025 F, 1930 F. Masse (EI 70 eV) m/z 720 [M]⁺, 692 [M-CO]⁺, 636 [M-3CO]⁺.

4. Complexe d'hormone 1

0,216 g (0,6 mmole) de H-C≡C-CpRe(CO)₃ sont dissous dans 4 mL de THF. Après avoir refroidi à -50°C, 0,77 mL d'une solution de sec-BuLi à 1,3 M (1 mmole) est ajoutée à la solution précédente. L'agitation continue pendant 1 h. Dans un autre tube de schlenk, 0,270 g (1 mmole) de l'oestrone sont dissous dans 10 mL de THF. On refroidit la solution à -50°C et on ajoute 0,77 mL de sec-BuLi (1 mmole). La solution reste limpide et incolore. On ajoute ensuite lentement cette solution à la première solution maintenue à -50°C (1 h). La suite du procédé est identique à celui du complexe 2. Après purification sur plaques, éluant : éther/pentane : 1/1, on obtient le complexe 1 sous forme de solide

incolore, 0,225 g, rdt = 61%. F 161°C (éther/pentane). RMN ^1H (250 MHz, CD_2Cl_2 , δ en ppm) 7,14 (d, 1H, H-1, J = 8,4 Hz), 6,61 (dd, 1H, H-2, J = 8,4 et 2,1 Hz), 6,55 (d, 1H, H-4, J = 2,1 Hz), 5,71 (s, 1H, OH-3), 5,63 (t, 2H, Cp, J = 2,2 Hz), 5,32 (t, 2H, Cp, J = 2,2 Hz), 2,78 (m, 2H, H-6), 0,89 (s, 3H, Me-13). RMN ^{13}C (62,89 MHz, CD_2Cl_2 , δ en ppm) 193,29 (CO), 153,23 (C3), 137,92 (C5), 132,07 (C10), 126,06 (C1), 114,80 (C4), 112,27 (C2), 92,71 (C17), 87,52 - 87,45 - 84,04 et 83,95 (4C du Cp), 85,49 et 79,84 (1C du Cp et $\text{C}\equiv\text{C}$), 76,54 ($\text{C}\equiv\text{C}$), 49,31 (C14), 47,46 (C13), 43,07 (C9), 39,12 (C8), 38,52 (C16) 32,64 (C12), 29,24 (C6), 26,75 (C7), 26,11 (C11), 22,42 (C15), 12,31 (Me-13). IR (CH_2Cl_2) ν_{CO} : 2025 F, 1930 F. Masse (EI 70 eV) m/z 630 $[\text{M}]^+$, 612 $[\text{M}-\text{H}_2\text{O}]^+$, 602 $[\text{M}-\text{CO}]^+$, 546 $[\text{M}-3\text{CO}]^+$.

5. Complexe d'hormone 3

Le mode opératoire est identique à celui du complexe 1.

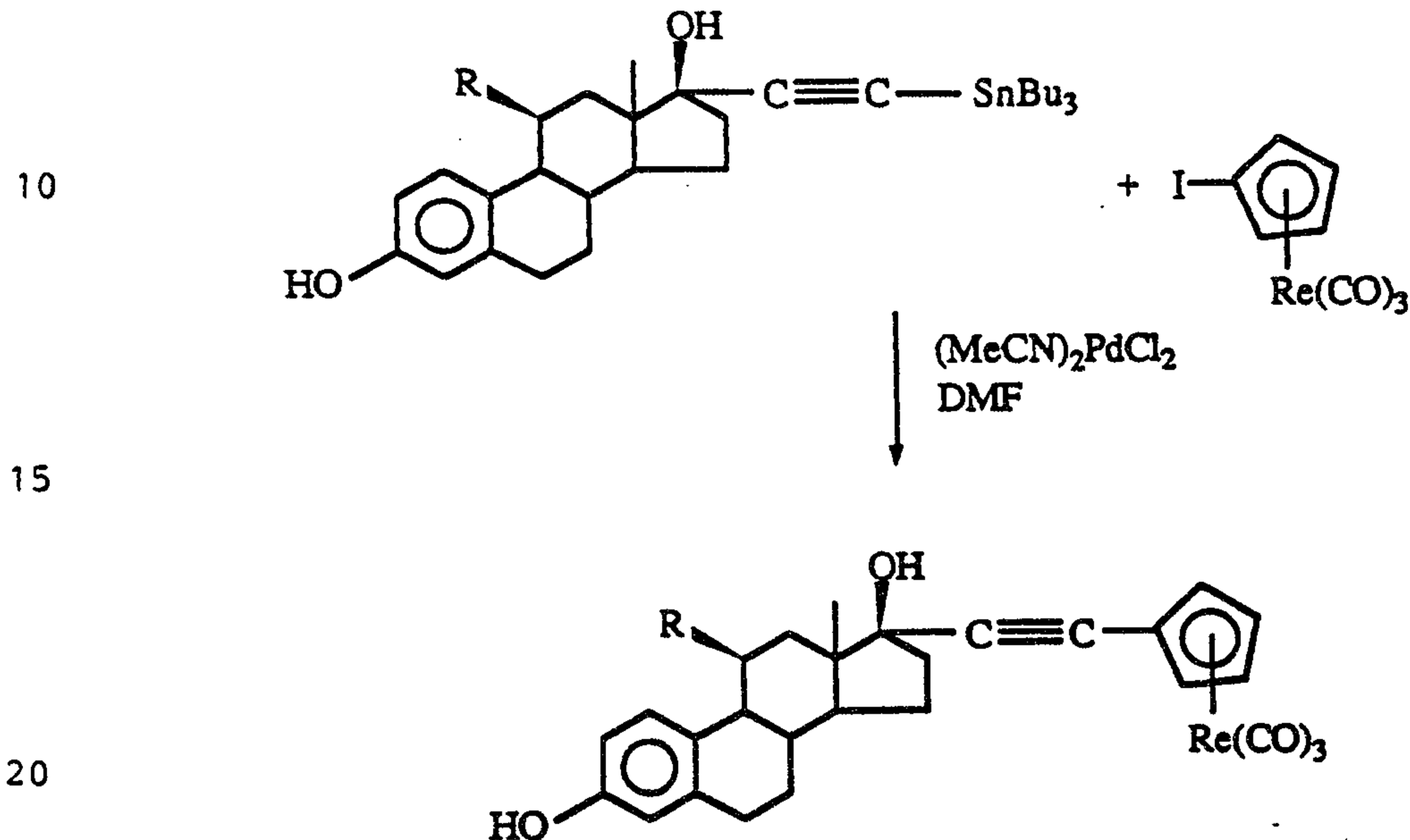
On utilise dans ce cas un excès de $\text{Li}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CpRe}(\text{CO})_3$ pour neutraliser in-situ la fonction phénolique. 11 β -chlorométhyl-oestrone : 0,064g , 0,2 mmole (10 mL THF); $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CpRe}(\text{CO})_3$: 0,216 g , 0,6 mmole (8 mL THF); sec-BuLi : 0,54 mL, 0,7 mmole (1,3M). La réaction est réalisée à -60°C.

Après une nuit de réaction, on rajoute 20 mL de THF et 0,5 mL d'eau. On filtre ensuite sur gel de silice et on évapore le solvant. Etant donné la faible solubilité du produit formé dans de l'éther ou du dichlorométhane, ce procédé permet de supprimer le problème d'extraction du produit de la phase aqueuse. Le brut obtenu est ensuite chromatographié sur plaques de gel de silice avec comme éluant THF/pentane : 1/3. On isole finalement le complexe 3 sous forme de solide incolore, 0,105 g, rdt 78%. F 219.

RMN H (250 MHz, CD_3COCD_3 , δ en ppm) 8,17 (s, 1H, OH-3), 7,06 (d, 1H, H-1, J = 8,5 Hz), 6,67 (dd, 1H H-2, J = 8,2 et 2,7 Hz), 6,14 (d, 1H, H-4, J = 2,7 Hz), 5,94 (t 2H, Cp, J = 2,2 Hz), 5,59 (t, 2H, Cp, J = 2,2 Hz), 4,63 (s, 1H, OH-17), 3,57 (m, 2H, CH_2Cl), 2,70 (m, 2H, H-6), 1,08 (s, 3H, Me-13), IR(CH_2Cl_2) ν_{CO} : 2025. F, 1930F. Masse (E1, 70eV) m/z 678 (M) $^+$, 650 (M-CO) $^+$. On récupère également 0,145g de $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CpRe}(\text{CO})_3$ et 0,007 g de 11 bêta-chlorométhyl oestrone.

EXEMPLE 2

Ces complexes présentent un très grand intérêt du point de vue de marqueur, aussi bien pour le dosage des récepteurs que pour l'imagerie. Toutefois, l'utilisation en imagerie nécessite un court délai de marquage. La réaction ci-dessous est également réalisable par le procédé suivant :



Ce procédé permet de gagner une étape par rapport à celui utilisé dans ce rapport. Ce gain de temps est très important dans le cas du marqueur radioactif.

25

EXEMPLE 3 :Méthodologie des tests biologiques effectués et résultats

30 Les valeurs d'affinités relatives de liaison (ARL) ont été déterminées à températures (0° et 25°C) en suivant le protocole suivant : Des fractions de cytosol (surnageant 105.000g) d'utérus de brebis sont incubées (3h à 0°C ; 3h30 à 25°C) en présence de 2 nM d'oestradiol tritié (³H-E₂ et de molarités croissantes du produit que l'on teste (9 molarités comprises entre 10⁻⁹M et 10⁻⁸M. A la fin de la période d'incubation, la

35

séparation des fractions libres et liées d'hormone est réalisée par la technique de précipitation au sulfate de protamine comme décrit dans l'article A. Vessières et al., Biochemistry 1988, 27, 6659. On détermine ensuite la valeur d'ARL qui est le rapport x 100 de la concentration d'oestradiol non radioactif déplaçant 50% de la liaison spécifique de l'oestradiol à son récepteur sur la molarité d'hormone modifiée déplaçant 50% de cette liaison. Plus la valeur de RBA est élevée, plus l'hormone à tester a de l'affinité pour le récepteur de l'oestradiol.

10 Résultats

Les trois complexes d'hormones ont été soumis à la mesure de la valeur d'ARL. Les valeurs suivantes ont été trouvées :

N° du complexe	Complexe	ARL (%)	
		(moyenne de 2 expériences)	
		0°C, 3h	25°C, 3h30
2	17alpha-[-C≡C-CpRe(CO) ₃]-3benzyloxy- bêta-oestradiol	0	non déterminé
1	17alpha-[-C≡C-CpRe(CO) ₃]-bêta-oestradiol	21	15
20	3 17alpha-[-C≡C-CpRe(CO) ₃]-11bêta- chlorométhyl-bêta-oestradiol	29	172

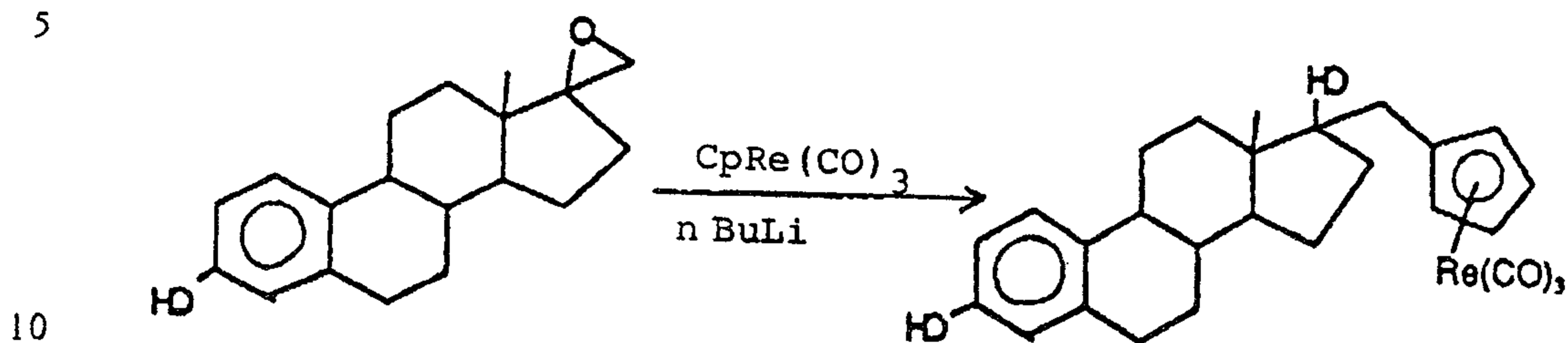
Le complexe 2 qui ne possède pas de groupement hydroxyle et position 3 n'est pas reconnu par le récepteur. Pour les complexes du Rhénium, il existe une grande différence de comportement selon la température à laquelle on travaille. A 0°C, les valeurs d'ARL sont très comparables pour les complexes avec ou sans 11bêtachlorométhyl (complexes 3 et 1 respectivement). Par contre, à 25°C, la valeur de ARL du complexe 1 diminue un peu alors que, pour le complexe 3, cette valeur monte à 172%. Cette valeur indique que le complexe est mieux reconnu par le récepteur que l'oestradiol lui-même. C'est la valeur la plus élevée jamais trouvée pour un stéroïde organométallique.

35

EXEMPLE 4 :**Dérivé 17 alpha-méthyl-cyclopentadiényl-Rhénium**

Une voie de synthèse se fait selon le schéma 2 ci-après :

SCHEMA 2



15 A une solution refroidie à -78°C de $\text{CpRe}(\text{CO})_3$ (177 mg, $5,28 \cdot 10^{-4}$ mole) dans le THF anhydre (5 ml) est additionné lentement le butyllitium (1,6 M dans l'hexane (0,33 ml). Après une heure d'agitation à -78°C est ajouté l'époxyde 1 (50 mg, $1,76 \cdot 10^{-4}$ mole) en solution dans le THF anhydre (2 ml). Après 6 heures à température ambiante le milieu réactionnel est hydrolysé avec 10 ml d'eau, extrait avec l'éther ($5 \cdot 10$ ml), séché sur MgSO_4 , puis concentré sous pression réduite. Le produit 2 est chromatographié sur plaque éluant éther:pentane 4:6, avec un rendement de 65%.

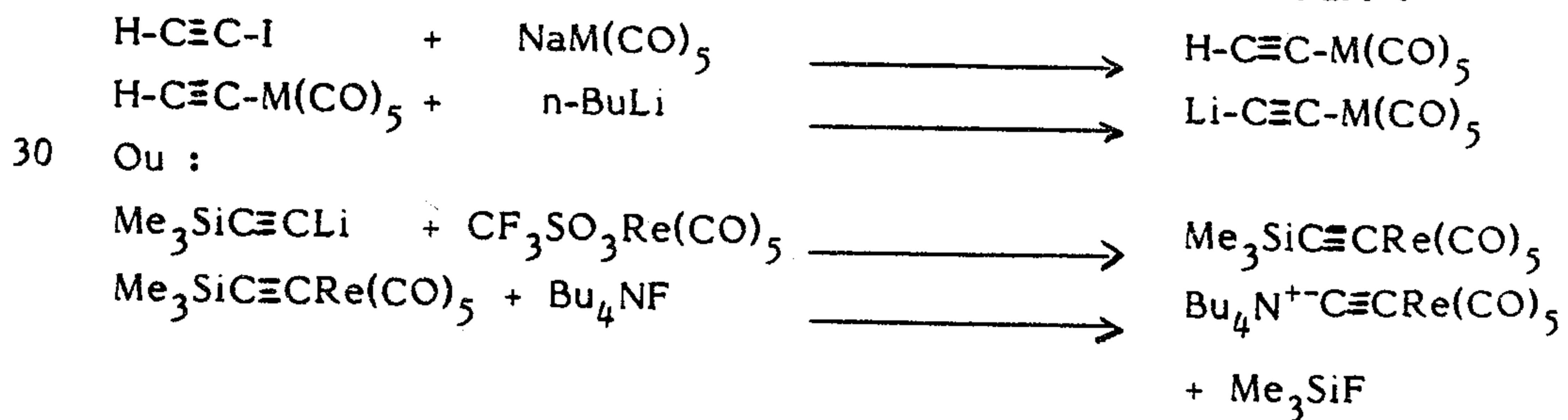
20

EXEMPLE 5 :

Synthèse de complexes dans le cas où L représente "rien"

Dans le cas où L représente "rien", $\text{M}_x\text{L}'_y$ peut être $\text{Re}(\text{CO})_5$. Le greffage de ces groupes sur l'hormone peut se faire selon la méthode adoptée pour le groupe $\text{CpM}(\text{CO})_3$, c'est-à-dire la réduction de l'oestrone par le carbanion $-\text{C}\equiv\text{C}-\text{M}(\text{CO})_5$. Ce dernier peut être obtenu selon les possibilités de synthèse suivantes connues de l'homme de l'art :

25

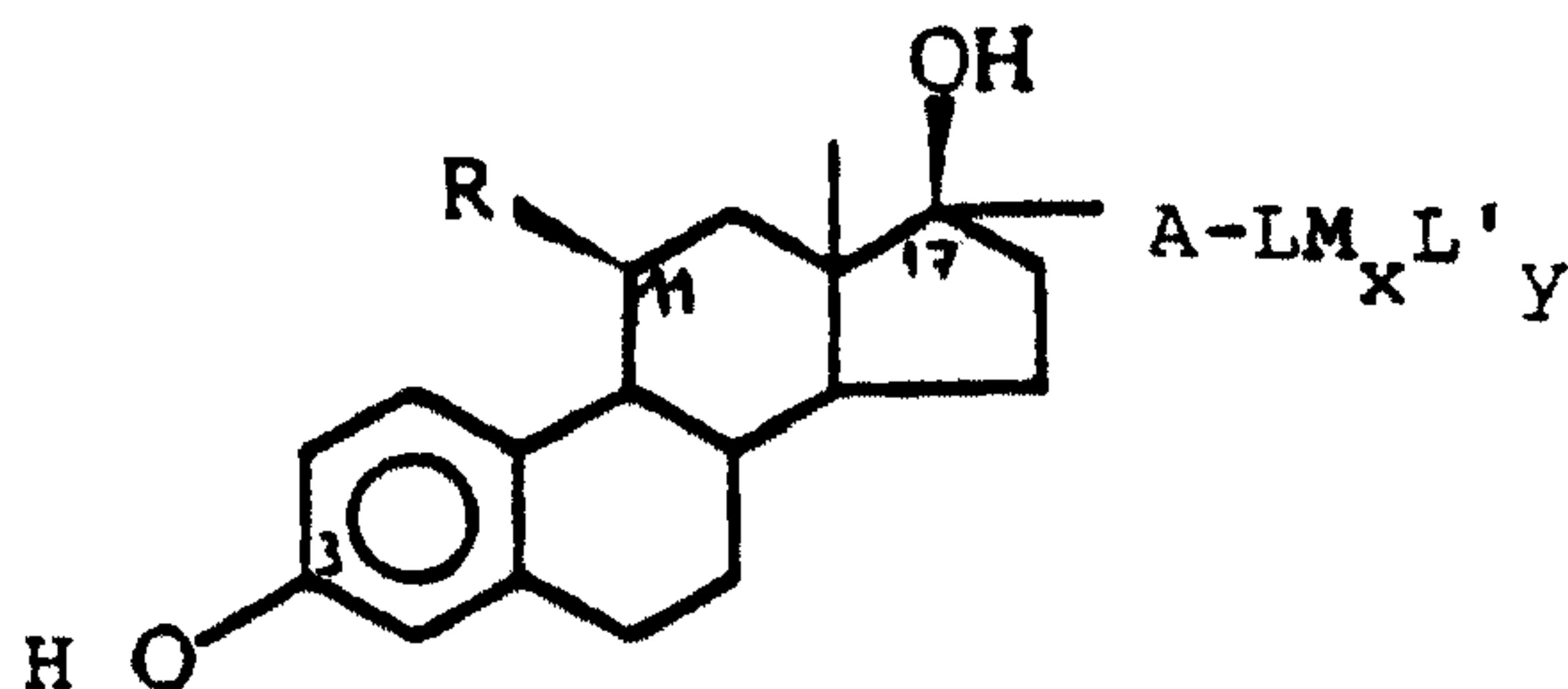


Les réalisations de l'invention au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué sont définies comme suit:

1. Complexe d'oestrogène organo-métallique répondant à la formule (I):

5

(I)



10

dans laquelle . A représente un reste divalent d'un radical alkyl en C₁ à C₇, alcényl ou alcynyl en C₂ à C₇;

15

. M_x représente un ou plusieurs métaux de transition identiques ou différents,

. L'_y représente un ou plusieurs ligands identiques ou différents complexant le(s)dit(s) métal(aux) M_x,

. L représente un ligand de M_x couplé de façon covalente à A, ou

20

L représente "rien", auquel cas M_x est greffé directement sur un carbone d'une triple liaison C≡C de A qui représente un alcynyl,

. R représente H, un alkyl ou alcoxy en C₁ à C₇, un alkyl ou alcoxy en C₁ à C₇ substitués par un ou plusieurs halogène(s).

25

2. Complexe selon la revendication 1 caractérisé en ce que M_x représente un ou plusieurs atome(s) d'un métal choisi parmi Re et Tc.

30

3. Complexe selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que A représente -CH₂- ou -C≡C-.

4. Complexe selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que R représente H, CH₂Cl, -OCH₃ ou -(CH₂)_n-CH₃ avec n = 1 à 4.

35

5. Complexe selon la revendication 4 caractérisé en ce que R est CH_2Cl .

6. Complexe selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que L représente un groupe phényle ou cyclopentadiényle.

7. Complexe selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que $\text{M}_x\text{L}'_y$ est choisi parmi $\text{Re}(\text{CO})_3$, $\text{Re}_2(\text{CO})_7$, $\text{Tc}(\text{CO})_3$ et $\text{Tc}_2(\text{CO})_7$ et L représente cyclopentadiényle.

8. Complexe selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que $\text{M}_x\text{L}'_y$ est choisi parmi $\text{Re}(\text{CO})_5$ et $\text{Tc}(\text{CO})_5$ et L représente "rien".

9. Agent d'imagerie consistant en un complexe selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le métal est un isotope radioactif approprié pour l'imagerie.

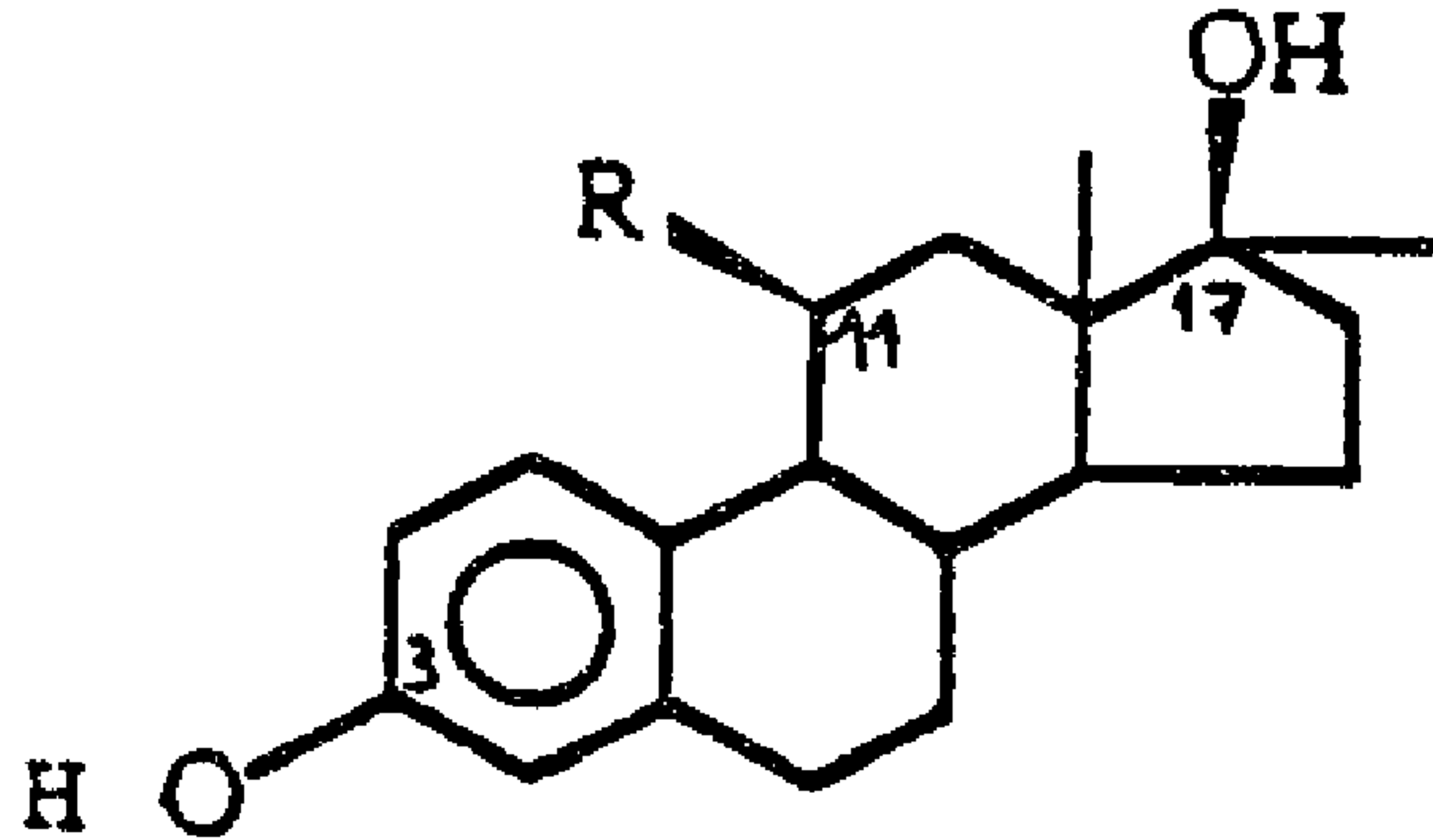
10. Agent d'imagerie selon la revendication 9, caractérisé en ce que le métal est choisi parmi $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{186}Re et ^{188}Re .

11. Médicament consistant en un complexe selon l'une des revendications 1 à 8.

12. Médicament selon la revendication 11 consistant en un complexe selon l'une des revendications 1 à 8 dans lequel le métal est du Rhénium.

13. Médicament selon la revendication 11 ou 12 dans lequel le métal est un isotope radioactif choisi parmi ^{186}Re ou ^{188}Re .

(I)



$A-LM_xL'_y$