

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
 INSTITUT NATIONAL
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
 PARIS

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

2 567 892

②1 N° d'enregistrement national :

84 11469

⑤1 Int Cl^a : C 07 H 21/00 // A 61 K 31/70.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 19 juillet 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
 demande : BOPI « Brevets » n° 4 du 24 janvier 1986.

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

⑦1 Demandeur(s) : *CENTRE NATIONAL DE LA RE-
 CHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) — FR.*

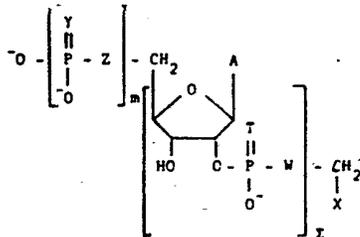
⑦2 Inventeur(s) : Bernard Lebleu et Bernard Bayard.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

⑤4 Nouveaux oligonucléotides, leur procédé de préparation et leurs applications comme médiateurs dans le développe-
 ment des effets des interférons.

⑤7 L'invention a pour objet de nouveaux oligonucléotides,
 leur procédé de préparation et leurs applications biologiques
 comme médiateurs de l'action de l'interféron. Les oligonucléo-
 tides selon l'invention ont pour formule :



dans laquelle Y et T sont identiques ou différents et représen-
 tent notamment O, S, Z et W sont identiques ou différents et
 représentent notamment O, S, l'un au moins des éléments Y et
 Z étant différent de l'oxygène, X représente notamment
 —CHOHCH₂OH, ε est un nombre entier égal ou supérieur à 2,
 A représente l'adénine ou l'un de ses dérivés.

Ces oligonucléotides ont une application antivirale.

FR 2 567 892 - A1

D

NOUVEAUX OLIGONUCLEOTIDES, LEUR PROCEDE DE PREPARATION
ET LEURS APPLICATIONS COMME MEDIATEURS DANS
5 LE DEVELOPPEMENT DES EFFETS DES INTERFERONS

L'invention a pour objet de nouveaux oligonu-
cléotides, leur procédé de préparation et leur applica-
10 tion biologique, comme médiateurs dans le développement
de l'action des interférons, notamment dans le dévelop-
pement d'une partie au moins de l'action antivirale des
interférons.

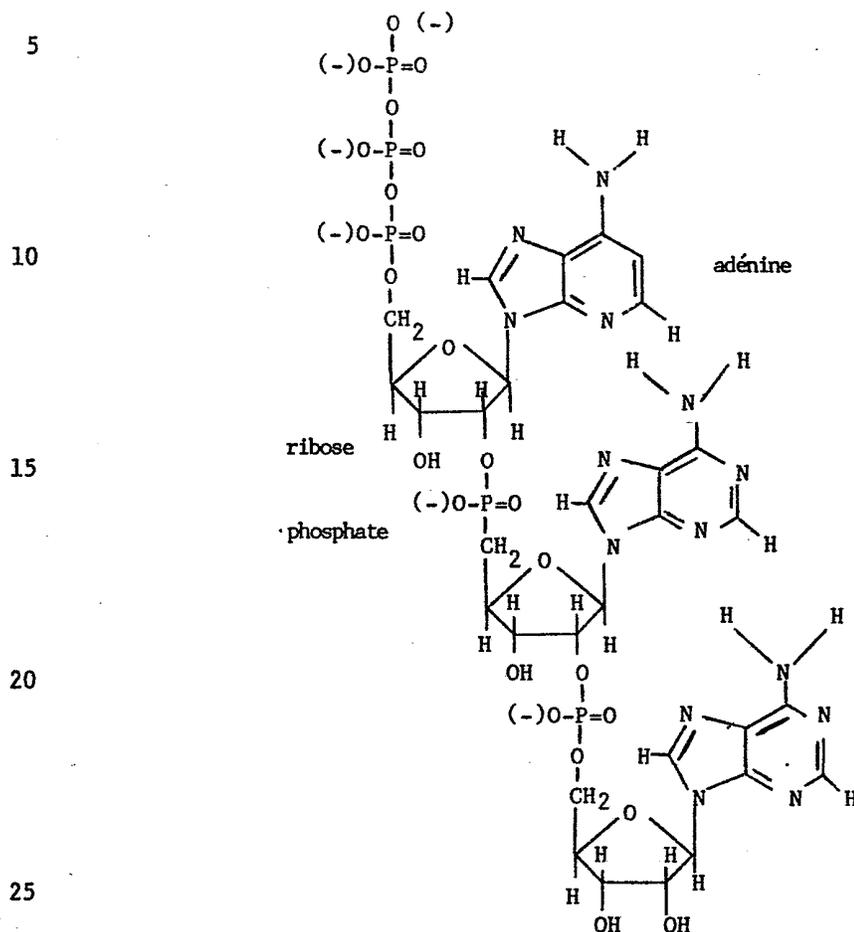
On sait que les interférons constituent une fa-
15 mille de protéines caractérisées notamment par leurs
propriétés antivirales.

On a observé que l'effet antiviral des interfé-
rons est médiatisé par la synthèse de protéines parti-
culières. Des essais spécifiques ont permis d'identifier
20 la fonction de deux d'entre elles, qui sont toutes les
deux des enzymes (BAGLIONI C., 1979, Interferon induced
enzymatic activities and their role in the antiviral
state, Cell 17, 255-264).

L'une d'entre elles est une oligonucléotide
25 polymérase (2-5A synthétase). Cette oligonucléotide po-
lymérase catalyse, après activation par les ARN bicaté-
naires et à partir d'ATP, la synthèse d'une famille
d'oligonucléotides.

Ces oligonucléotides sont des chaînes courtes
30 d'adénosines reliées par des liaisons phosphodiester
2' → 5' (KERR I. M. et BROWN R. E., 1978, pppA2'-
p5'A2'p5'A : An inhibitor of protein synthesis synthe-
sized with an enzyme fraction from interferon treated
cells, PNAS 75, 256-260) dont la formule générale peut
35 être représentée par pppA(2'p5'A)n. Ces oligonucléotides
peuvent être désignés par "oligonucléotides 2'-5'",

notamment "oligoadénylates 2'-5'" ou par $(2'-5')(A)_n$.
L'un de ces oligoadénylates peut être représenté par la
formule suivante :



Il est composé de chaînes courtes contenant plu-
sieurs groupes adénosine (adénine + ribose), liés entre
eux par des liaisons phosphodiester, comme représenté,
30 et dans laquelle la position en 5' du noyau d'adénine de
l'adénosine terminal est lié à un nombre variable de
groupes phosphate (jusqu'à 3 sur l'oligoadénylate 2' →
5' représenté).

35 Lorsque l'oligoadénylate 2' → 5' est totale-
ment déphosphorylé, c'est-à-dire lorsque la position en
5' du noyau d'adénine de l'adénosine terminal est libre

du susdit nombre variable de groupes phosphate, le composé résultant est désigné par "noyau (2' → 5')A₃", qui est une abréviation pour "noyau riboadénylyl (2' → 5') riboadénylyl (2' → 5') riboadénosine".

5 Les noyaux 2'-5' correspondant aux oligoadénylates (2'-5') déphosphorylés sont également appelés "cores".

Dans la suite de la description, on désignera également par "oligoadénylate 2'-5' non modifiés" les
10 oligoadénylates 2'-5' induits dans les cellules traitées par de l'interféron.

Il est convenu que l'expression "oligoadénylate 2' → 5'" mentionnée ci-dessus et utilisée ci-après désignera également, par commodité de langage, le noyau
15 (2'-5')(A)_n partiellement ou entièrement déphosphorylé.

La découverte de ces oligoadénylates 2' → 5' a révélé une nouvelle classe d'oligonucléotides biologiquement actifs, que l'on suppose présenter un rôle important comme médiateurs de l'action de l'interféron, notamment dans l'activation de l'endoribonucléase L, qui
20 est présente aussi bien dans les cellules traitées par l'interféron que dans celles non traitées, et dans l'inhibition de la synthèse des protéines. Mais les liaisons phosphodiester 2' → 5' de ces adénylates sont rapidement clivées par une enzyme désignée par 2'-phosphodiestérase (cf. la référence de BAGLIONI mentionnée ci-dessus).

L'endoribonucléase L ainsi que la 2'-phosphodiestérase sont présentes à des taux sensiblement égaux
30 dans les cellules traitées ainsi que dans les cellules non traitées par l'interféron.

Lorsque la cellule est traitée par l'interféron, la concentration d'oligonucléotide 2'-5' polymérise augmente. L'infection par certains virus de cellules ainsi
35 traitées entraîne la production au site de répllication virale d'ARN bicaténaires activant l'oligonucléotide

2'-5' polymérase. Il en résulte une augmentation, transitoire et éventuellement localisée au site de répliation du virus, de la concentration en oligoadénylate 2' → 5' (Nilsen T. W. et Baglioni C., 1984, Interferon 5, J. Gresser Ed., Academic Press, New York). Ces oligonucléotides activent eux-mêmes en s'y liant spécifiquement l'endoribonucléase L qui dégrade les ARN messagers viraux.

Lorsque l'interféron est enlevé du milieu de culture, l'activité de l'oligonucléotide 2' → 5' polymérase décroît et la cellule perd son état antiviral.

La synthèse des protéines induites par l'interféron est transitoire et, par conséquent, les cellules maintenues dans les cultures de tissu ne maintiennent pas un niveau élevé de ces protéines.

Par ailleurs, les oligoadénylates 2' → 5' induits dans les cellules traitées par l'interféron présentent l'inconvénient d'avoir une stabilité métabolique faible. En effet, les oligoadénylates 2' → 5' non modifiés sont, d'une part, rapidement hydrolysés par une phosphodiesterase spécifique dégradant la molécule de manière processive à partir de son ribose 2' terminal, d'autre part, sont dégradés sous l'action d'une phosphatase du côté du premier ribose relié au nombre variable de groupes phosphate (Lebleu B. et Content J., 1982, Interferon 3, J. Gresser Ed., Academic Press, New York).

Des recherches ont été entreprises pour trouver des composés analogues aux oligoadénylates 2' → 5' non modifiés et présentant une activité accrue, en comparaison avec l'activité d'oligoadénylates 2' → 5' induits dans les cellules traitées par l'interféron (BAGLIONI C. et coll., 1981, Analogs of (2'-5')oligo(A). Endonuclease activation and inhibition of protein synthesis in intact cells, The Journal of Biological Chemistry, vol. 256, n° 7, p. 3 253-3 257).

Différentes recherches ont été effectuées pour synthétiser (par voie enzymatique et/ou chimique) des analogues modifiés des oligoadénylates 2' → 5' induits dans les cellules traitées par l'interféron, qui seraient résistants aux actions de dégradation, sans perdre leur activité biologique.

Parmi ces recherches, on peut citer la synthèse enzymatique à l'aide de la 2-5A synthétase de "cordycépine 2 → 5A" à partir de 2'déoxyadénosine triphosphate (DOETSCH et coll., 1981).

La cordycépine a été considérée comme inhibant la synthèse des protéines en système acellulaire et le composé déphosphorylé correspondant ("core" ou "noyau") a été considéré comme bloquant la transformation blastique de lymphocytes humains.

Ces résultats ont cependant été infirmés (CHAPEKAR M. S. et coll., 1983, Biochem. Res. Comm., 115, 137-143) et il semble que les effets observés aient été provoqués par l'accumulation de produits toxiques de dégradation de la cordycépine.

On peut également citer, parmi les recherches effectuées, la synthèse chimique d'un analogue du noyau des oligoadénylates 2' → 5', en série xylose (IMBACH J. L. et coll., 1981, Tetrahedron Letters, vol: 22, n° 47, p. 4 699-4 702), dénommé "xylo 2'-5'A". Cet analogue s'est révélé présenter une stabilité plus importante vis-à-vis des phosphodiesterases que le noyau des oligoadénylates 2'-5' non modifiés, une activité intéressante vis-à-vis de virus à ADN, tel que l'Herpès, mais pas vis-à-vis de virus à ARN, (EPPSTEIN D., et coll., 1983, Nature, 302, 723-724).

On peut aussi mentionner la synthèse chimique et la modification à son extrémité 2' terminale un oligoadénylate 2'-5'A en un composé appelé "tailed 2'-5'A" dans lequel une chaîne d'hexylamine a été associée à un

noyau morpholine, lui-même condensé par un groupe phosphate sur le groupe OH en 2' du ribose terminal. Ce dérivé est très stable vis-à-vis des phosphodiesterases et active l'endoribonucléase L en système acellulaire (IMAI
5 J. et coll., 1982, J. Biochem. Chem., 257, 12 739-12 741), mais son activité antivirale n'a pas été établie.

Parmi ces recherches, on peut également mentionner la synthèse chimique de dérivés modifiés d'oligoadénylates 2'-5' tels que les dérivés du 2'-5'A triphosphatés (représenté par la formule pppA2'p5'A2'p5A) dans
10 lesquels les atomes de phosphore en bêta et gamma du groupe triphosphate en 5' sont séparés par un groupe méthylène.

Une autre modification pour obtenir des oligoadénylates 2'-5'A modifiés concerne le remplacement d'un
15 groupe hydroxyle en 3' par un groupe OCH₃, soit dans l'adénosine terminal, soit dans tous les adénosines (J. A. J. DEN HARTOG et coll., 1981, J. Org. Chem., 46, 2 242-2 251).

Mais il s'est révélé que ces deux derniers
20 groupes de composés étaient faiblement actifs, voire inactifs et ne présentaient pas une stabilité métabolique satisfaisante (cf. la référence mentionnée ci-dessus et BAGLIONI et coll., 1981, J. Biol. Chem., 256, 2 353-
25 2 357).

D'autres analogues, tels que des 5'S-methylthiophosphorothioates ont été synthétisés. Certains de ces analogues se sont révélés stables. Mais a priori, les différences apparentes des propriétés de ces analogues
30 ne semblent pas permettre d'envisager leur utilisation sur des cellules humaines à des fins thérapeutiques (HAUGH M. C., CAYLEY P. J. et coll., 1983, Europ. J. Biochem., 132, 77-84).

Des recherches ont également porté sur l'inci-
35 dence de la modification du ou des groupes phosphate portés par le carbone en 5' des oligoadénylates 2'-5'

vis-à-vis de l'activité antimittogénique (cf. TORRENCE et coll. 1983, J. Medicinal Chemistry 26, n° 12, 1674-1678). Les composés préparés dans le cadre de ces recherches se sont révélés présenter une activité antimittogénique, 5 mais on a trouvé que certains d'entre eux n'activent pas l'endoribonucléase L dans un système cellulaire in vitro, ce qui empêche d'établir une corrélation entre l'activité antimittogénique et l'action antivirale.

D'autres oligonucléotides analogues des 10 (2'-5')(A)_n ont été synthétisés par voie enzymatique en remplaçant l'adénosine, notamment par la 8-azaadénosine, la toyocamycine, la sangivamycine, la formycine, la 8-bromoadénosine, la tubercidine et la guanosine. Il s'est révélé que la plupart de ces composés étaient dé- 15 gradés dans des extraits cellulaires. Seuls des tests d'inhibition de la synthèse des protéines et de la prolifération cellulaire ont été effectués dans des cellules intactes, mais l'activité antivirale n'a pas été établie (B. G. HUGUES et R. K. ROBINS, 1983, 20 Biochemistry, 22, n° 9, 2 127-2135).

Aucun des analogues des (2'-5')(A)_n synthétisés à ce jour n'a présenté des propriétés de stabilité -tant vis-à-vis des phosphodiesterases que des phosphatases-, et d'activité biologique suffisantes pour qu'on puisse 25 envisager de les utiliser dans le traitement thérapeutique des affections virales.

La Société Demanderesse a trouvé de nouveaux oligonucléotides ayant une structure différente de celle des oligoadénylates 2'-5'A non modifiés et de ses analogues connus, présentant une activité antivirale semblable à celle de l'interféron, qui sont résistants vis-à-vis de la dégradation par la 2'-phosphodiesterase et par les phosphatases permettant d'envisager leur utilisation dans le traitement d'affections virales. 30

L'un des aspects de l'invention est de proposer de nouveaux oligonucléotides qui peuvent être reconnus 35

par l'endoribonucléase L, c'est-à-dire qui peuvent former avec l'endoribonucléase L un complexe actif.

Un autre aspect de l'invention est de proposer de nouveaux oligonucléotides qui ont une résistance accrue vis-à-vis de la dégradation par la 2'-phosphodiesterase.

Un autre aspect de l'invention est de fournir de nouveaux oligonucléotides qui ont une résistance accrue vis-à-vis des phosphatases.

10 Un autre aspect de l'invention est de fournir de nouveaux oligonucléotides biologiquement actifs, qui présentent notamment une activité antivirale efficace.

Ces différents aspects sont obtenus par de nouveaux oligonucléotides comprenant une chaîne contenant n unités nucléosidiques, identiques ou différentes, n étant égal ou supérieur à 2, ces unités nucléosidiques étant reliées par des liaisons 2'-5', qui comprennent un groupe de liaisons contenant au moins un atome de phosphore et dans lesquels :

20 - la "première unité" nucléosidique de la susdite chaîne est reliée par l'intermédiaire de son carbone en 5' à un nombre variable de groupes phosphate, et l'un des atomes d'oxygène d'au moins l'un des groupes phosphate, lequel atome d'oxygène relié uniquement au phosphore des groupes phosphate et n'intervenant pas dans la liaison entre deux groupes phosphate, est remplacé par un atome de soufre, de sélénium ou un groupe NH, et/ou l'une au moins des liaisons entre deux groupes phosphate adjacents comporte un groupe NH ou un atome de soufre ;
30 et/ou

- la "dernière unité" nucléosidique de la susdite chaîne est reliée, par l'intermédiaire de son atome de carbone en 2' :

35 . soit à un groupe phosphoglycéryl,
. soit à un groupe phosphate, lequel est relié

au carbone en 5' d'un "groupe nucléosidique modifié", dans lequel la liaison directe entre le carbone en 2' et 3' a été supprimée et les carbones en 2' et 3' sont respectivement porteurs de groupes aldéhyde ou de groupes alcool, éventuellement estérifiés.

Ces différents aspects de l'invention sont de préférence obtenus par de nouveaux oligonucléotides comprenant une chaîne contenant n unités nucléosidiques, identiques ou différentes, n étant supérieur ou égal à 2, ces unités nucléosidiques étant reliées par des liaisons 2' → 5', qui comprennent un groupe de liaisons contenant au moins un atome de phosphore, et dans lesquels :

- la première unité nucléosidique de la susdite chaîne est reliée, par l'intermédiaire de son carbone en 5', à des groupes phosphate, et l'un des atomes d'oxygène d'au moins l'un des groupes phosphate, lequel atome d'oxygène relié uniquement au phosphore des groupes phosphate et n'intervenant pas dans la liaison entre deux groupes phosphate, est remplacé par un atome de soufre, un atome de sélénium ou un groupe NH, et/ou l'une au moins des liaisons entre deux groupes phosphate adjacents comporte un groupe NH ou un atome de soufre ;

- et éventuellement la "dernière unité" nucléosidique de la susdite chaîne est reliée, par l'intermédiaire de son atome de carbone en 2' :

. soit à un groupe phosphoglycéryl ;

. soit à un groupe phosphate, lequel groupe phosphate est relié au carbone en 5' d'un "groupe nucléosidique modifié", dans lequel la liaison directe entre le carbone en 2' et 3' a été supprimée, et les atomes de carbone en 2' et 3' sont porteurs de groupes aldéhyde, ou de groupes alcool, éventuellement estérifiés.

Une unité nucléosidique désigne un composé constitué par un pentose lié à une base purique ou pyrimidique, dans laquelle le pentose peut être sous la forme pyrane ou furane.

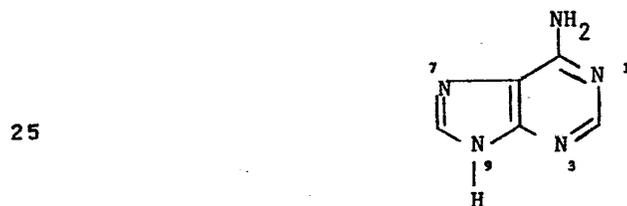
5 Dans la suite de la description, les formules représenteront les pentoses généralement sous la forme furane.

Les unités nucléosidiques sont selon l'invention avantagement constituées par des adénosines, l'adéno-
10 sine désigne le composé constitué par du ribose lié à de l'adénine et peut être représenté par la formule :



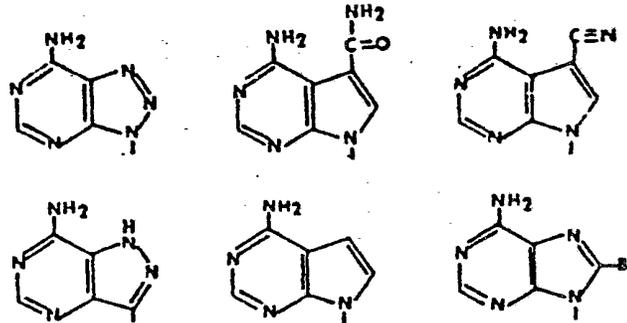
dans laquelle le ribose est sous la forme furane, mais peut être également sous la forme pyrane et dans laquelle A représente l'adénine.

20 Dans le cadre de l'invention, l'adénine désigne la molécule représentée par la formule suivante :



Les unités nucléosidiques selon l'invention peuvent également être constituées par des dérivés d'adénosines, les dérivés d'adénosine désignant le composé
30 constitué par du ribose, lié à un dérivé de l'adénine. Parmi ces dérivés de l'adénine, on peut citer ceux de formule suivante :

5



10

Les dérivés d'adénosine correspondants seront respectivement désignés par 8-azaadénosine, sangivamycine, toyocamycine, formycine, tubercidine, 8-bromo-adenosine.

15

Le nombre d'unités nucléosidiques constituant les oligonucléotides de l'invention n'est pas limité dans les valeurs supérieures, sous réserve que les oligonucléotides obtenus puissent être associés à un véhicule physiologiquement acceptable.

20

Ce nombre peut rapidement être limité dans la mesure où l'augmentation de ce nombre et la synthèse correspondante plus difficiles ne seraient pas supportées par une augmentation suffisante de l'activité.

25

Le nombre d'unités nucléosidiques devrait être choisi de façon à ce que le poids moléculaire soit de préférence compris de 1 500 à 5 000 daltons.

Dans une classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention, la valeur de n n'est pas supérieure à 10, et est de préférence de 7 ou 8.

30

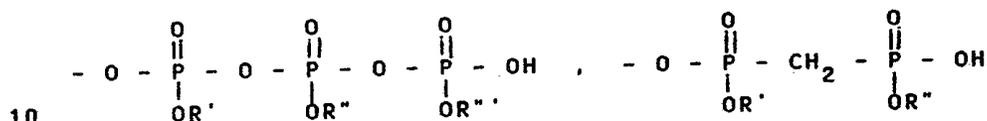
Les oligonucléotides dans lesquels la valeur de n est 3 ou 4 sont particulièrement préférés.

Dans une classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention, la première unité nucléosidique est liée à un ou plusieurs groupes phosphate.

35

De préférence, le nombre de ces groupes phosphate est de 1 à 3.

Dans une classe préférée de composés de l'invention, la première unité nucléosidique est liée aux groupes phosphate suivants :

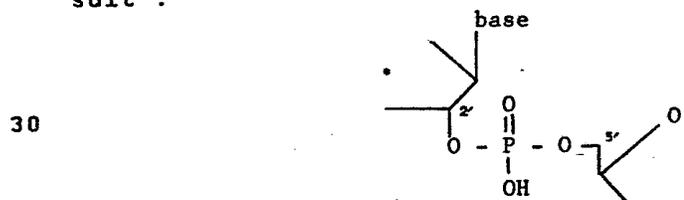


dans lesquelles R', R'', R''' représentent, indépendamment les uns des autres :

- un atome d'hydrogène,
- un radical alcoyle ayant de 1 à 4 atomes de
- 15 carbone, en particulier un méthyle,
- un radical éthyle substitué en bêta par un groupe cyano, aryle ou arylsulfonyle,
- un radical trihalogénoéthyle.

20 Dans une classe préférée de composés selon l'invention, la liaison 2' \rightarrow 5' reliant deux unités nucléosidiques et comprenant au moins un atome de phosphore est une liaison phosphodiester, une liaison phosphotriester, une liaison alcoylphosphonate.

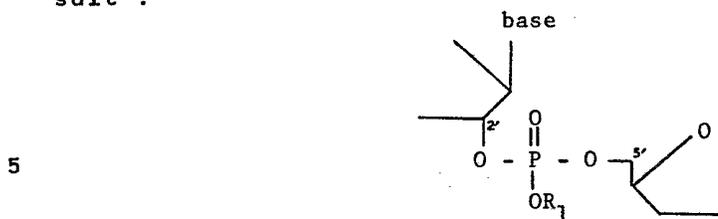
25 La liaison 2' \rightarrow 5' phosphodiester qui relie deux unités nucléosidiques adjacents dans les oligonucléotides selon l'invention peut être représentée comme suit :



35 La liaison 2' \rightarrow 5' phosphotriester qui relie deux unités nucléosidiques adjacents dans les oligonucléotides de l'invention peut être représentée comme

13

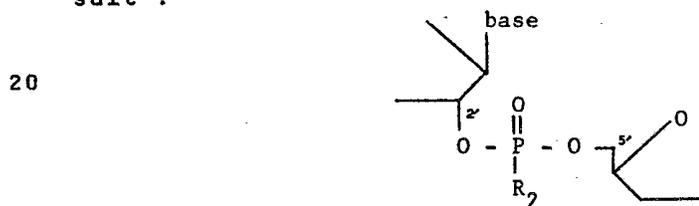
suit :



dans laquelle R₁ représente un radical alcoyle ayant de 1 à 4 atomes de carbone ;

- 10
- un radical alcoyle ayant de 1 à 4 atomes de carbone, en particulier un méthyle,
 - un radical éthyle substitué en bêta par un groupe cyano, aryle ou arylsulfonyle,
 - un radical trihalogénoéthyle.

15 La liaison 2' → 5' phosphonate qui relie deux unités nucléosidiques adjacentes dans les oligonucléotides selon l'invention peut être représentée comme suit :



25 dans laquelle R₂ peut représenter un alcoyle ayant de 1 à 4 atomes de carbone, en particulier le méthyle.

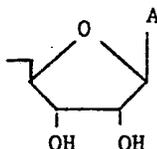
Par convention, dans un oligonucléotide selon l'invention contenant n unités nucléosidiques, on désignera, ci-après, l'unité nucléosidique de rang n, lorsque le dernier élément de la chaîne est un groupe phosphoglycérile, par l'expression "dernière unité nucléosidique".

30

Dans ce cas, l'oligonucléotide selon l'invention pourra être désigné par (2'-5')(A)_nPGro.

35 Lorsque le dernier élément de l'oligonucléotide selon l'invention est :

- soit un groupe nucléosidique de formule :



5

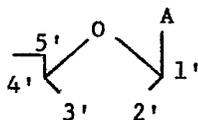
A ayant les significations ci-dessus indiquées ;

- soit un "groupe nucléosidique modifié" comme défini ci-après ;

on désignera, par convention dans les définitions l'unité nucléosidique de rang $n - 1$ par l'expression "dernière unité nucléosidique".

Par "groupe nucléosidique modifié", on définit un groupe nucléosidique dans lequel :

- la liaison directe entre le carbone 2' et le carbone 3' reliant directement la liaison a été supprimée et peut être représenté par la formule suivante :



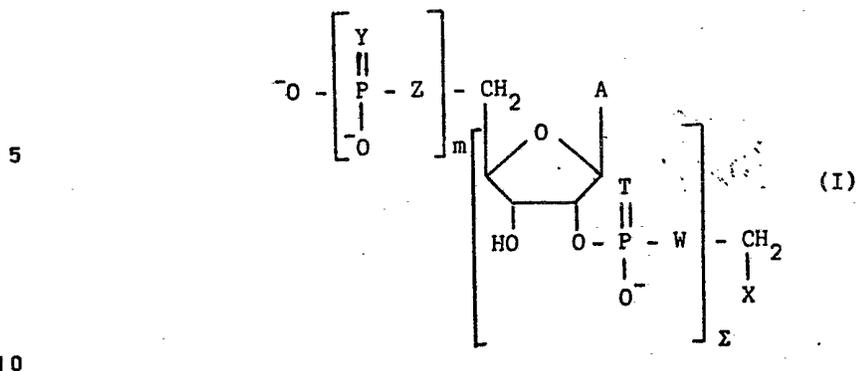
20

dans laquelle le pentose est sous la forme furane, mais peut également être sous la forme pyrane et dans laquelle A représente l'adénine ou un dérivé de l'adénine comme défini ci-dessus ;

- les carbones en 2' et 3' sont porteurs de fonctions aldéhyde ou de fonctions alcool, éventuellement estérifiées ; dans le cas où les carbones en 2' et 3' portent des fonctions alcool, on pourra désigner les oligonucléotides selon l'invention par $(2'-5')(A)_n O_x$

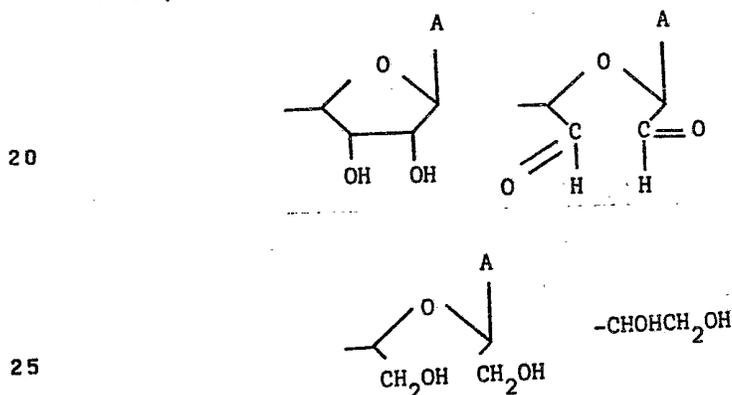
30 Red.

Les oligonucléotides selon l'invention peuvent être représentés par la formule (I) suivante :



dans laquelle :

- Y et T, identiques ou différents, représentent indépendamment l'un de l'autre, O, S, Se ou NH ;
- Z et W, identiques ou différents, représentent indépendamment l'un de l'autre, O, S ou NH ;
- X représente :

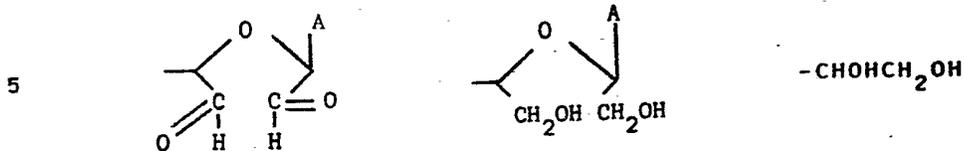


- A représente l'adénine ou l'un de ses dérivés comme définis ci-dessus ;
- Σ est un nombre entier égal à :
 - 30 - n lorsque X représente -CHOHCH₂OH ;
 - n - 1 lorsque X est différent de -CHOHCH₂OH ;
- n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2 ;
- m est un nombre entier égal à 0 et de préférence supérieur ou égal à 1 ;
- 35 sous réserve que :
 - ou bien l'un au moins des deux éléments Y ou Z

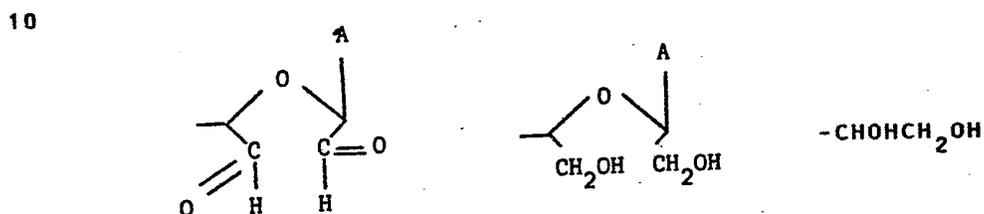
16

est différent de l'oxygène ;

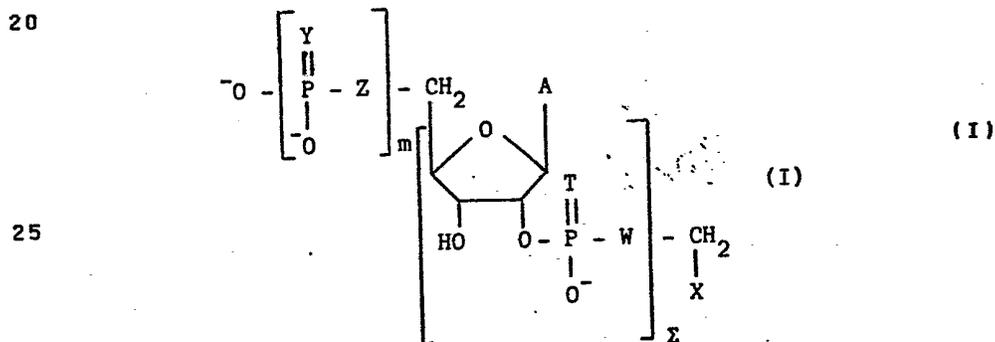
- ou bien X représente :



- ou bien l'un au moins des deux éléments Y ou Z est différent de l'oxygène et X représente :



Une classe d'oligonucléotides préférés selon l'invention est constituée par ceux répondant à la formule (I) suivante :

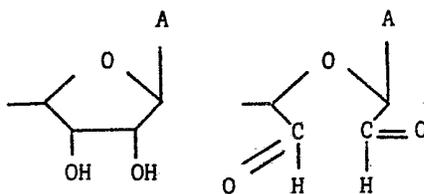


dans laquelle :

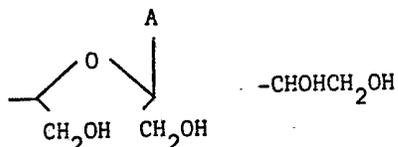
- 30 - Y et T sont identiques ou différents et représentent O, S, Se, NH ;
- Z et W sont identiques ou différents et représentent O, S, NH ;
- l'un au moins des éléments Y et Z étant différent de
- 35 l'oxygène ;
- X est choisi dans le groupe constitué par :

17

5



10



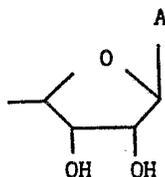
les fonctions alcools de ces radicaux étant éventuelle-
ment estérifiées par des acides carboxyliques R_3COOH , R_3
représentant un radical alcoyle de 1 à 5 atomes de car-
bone, ou un radical phényle ;

- Σ est un nombre entier égal à :

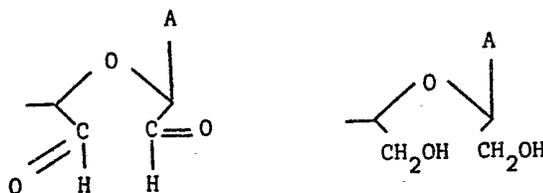
. n lorsque X représente $-CHOHCH_2OH$.

. n - 1 lorsque X représente :

20



25

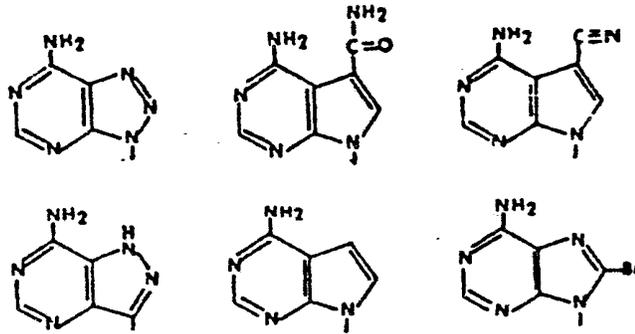


n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2 ;

30 - m est un nombre entier supérieur ou égal à 1 ;

- A est une base choisie parmi l'adénine ou ses dérivés,
notamment ceux de formule :

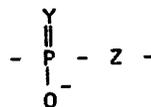
5



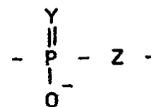
10

Dans une classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention, le nombre m varie de préférence de 1 à 3.

Parmi les groupes reliés à la première unité nucléosidique, et de formule :



l'un au moins est tel que Y représente Se, S ou NH et/ou Z représente S ou NH, et les autres groupes :



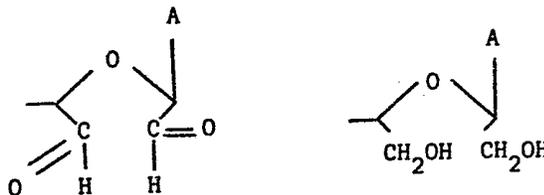
représentant des groupes phosphate.

25

Dans une classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention, Y représente S, et Z représente O.

Une classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention est celle dans laquelle X est soit un groupe nucléosidique modifié pouvant être représenté par :

30



35

soit le groupe $-\text{CHOHCH}_2\text{OH}$.

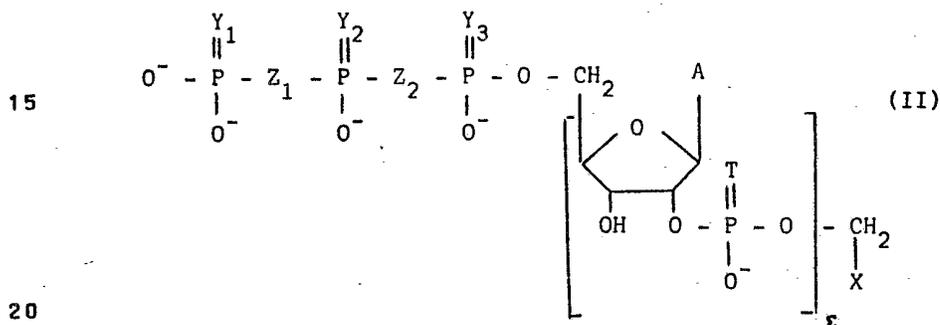
Les fonctions alcool des radicaux :



5

sont éventuellement estérifiées par un acide carboxylique R₃COOH, dans lequel R₃ représente un radical alcoyle de 1 à 5 atomes de carbone ou un radical phényle.

Une classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention est constituée par ceux de formule (II) suivante :

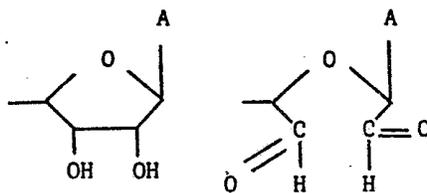


20

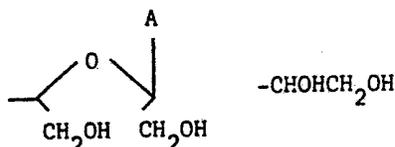
dans laquelle :

- Y₁, Y₂, Y₃, T sont identiques ou différents et représentent O, S, Se, NH ;
- 25 - Z₁ et Z₂ sont identiques ou différents et représentent O, S, NH ;
- l'un au moins des éléments Y₁, Y₂, Y₃, Z₁, Z₂ étant différent de l'oxygène ;
- X est choisi dans le groupe constitué par :

30



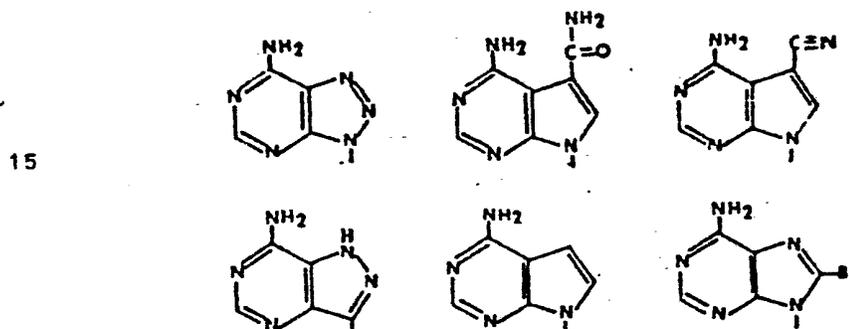
35



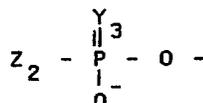
les fonctions alcools de ces radicaux étant éventuellement estérifiées par des acides carboxyliques R_3COOH , R_3 représentant un radical alcoyle de 1 à 5 atomes de carbone ou un radical phényle ;

5 - Σ représente un nombre entier égal à n , lorsque X représente $-CHOHCH_2OH$, et Σ représente un nombre entier égal à $n - 1$ lorsque X est différent de $-CHOHCH_2OH$, n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2 ;

10 - A est une base choisie parmi l'adénine ou ses dérivés, notamment ceux de formule :

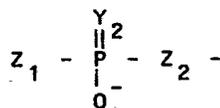


Le phosphore du groupe :



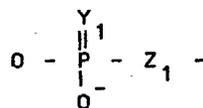
25 sera appelé phosphore alpha.

Le phosphore du groupe :



30 sera appelé phosphore bêta.

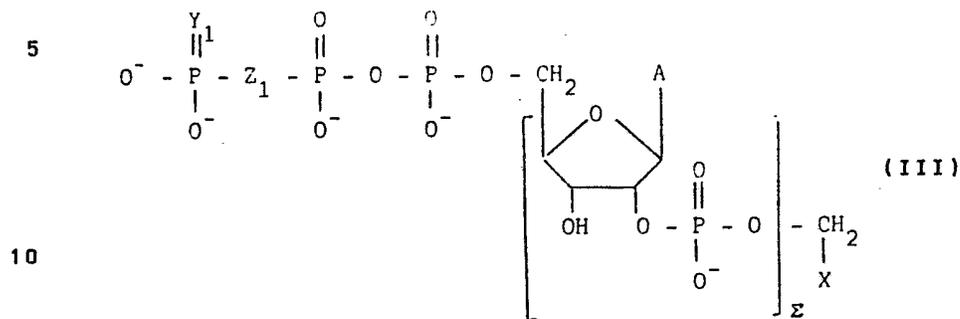
Le phosphore du groupe :



35 sera appelé phosphore gamma.

A l'intérieur de la classe d'oligonucléotides de

formule (II), une classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention est constituée par les oligonucléotides de formule (III) :

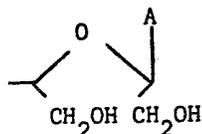


dans laquelle :

- Y_1 représente S, Se ou NH ;
- 15 - Z_1 représente O, NH ou S ;
- Σ , X et A ayant les significations indiquées ci-dessus.

A l'intérieur de cette classe d'oligonucléotides, une classe préférée d'oligonucléotides est constituée par ceux dans lesquels :

- 20 - X représente :
- . soit :



- 25 A représentant l'adénine ;

. soit :



Une autre classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention est constituée par ceux de formule (IV)

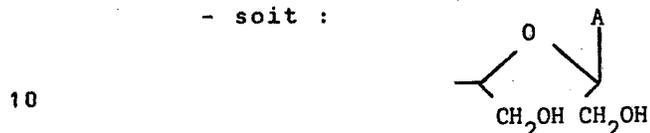
- 30 suivante :

- Y_1 représente Se, S ou NH ;
- Σ , X et A ayant les significations indiquées ci-dessus.

A l'intérieur de cette classe, une classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention est constituée par ceux dans lesquels :

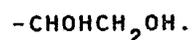
- X représente :

- soit :

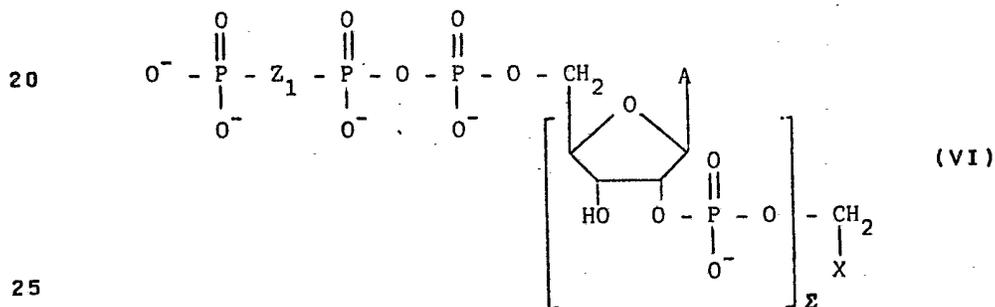


A représentant l'adénine ;

- soit :



15 Une autre classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention est constituée par ceux de formule (VI) suivante :



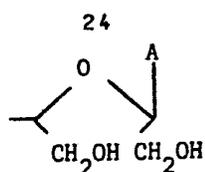
dans laquelle :

- Z_1 représente S ou NH ;
- Σ , X et A ayant les significations ci-dessus indiquées.

30 A l'intérieur de cette classe, une classe préférée d'oligonucléotides est constituée par ceux dans lesquels :

- X représente :

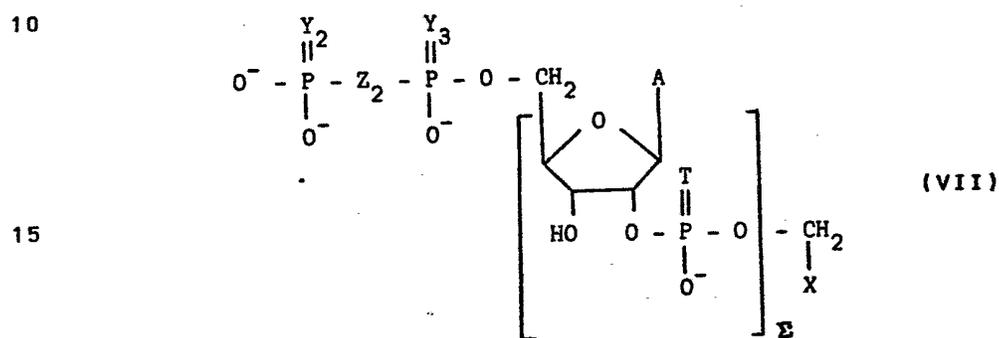
- soit :



A représentant l'adénine ;

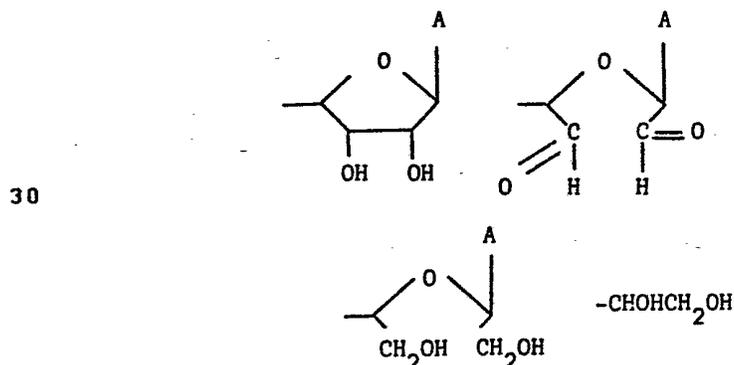
- 5 - soit :
-CHOHCH₂OH.

Une autre classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention est constituée par ceux de formule (VII) suivante :



dans laquelle :

- 20 - Y₂, Y₃, T sont identiques ou différents et représentent O, S, Se, NH ;
- Z₂ représente O, S, NH ;
l'un au moins des éléments Y₂, Y₃, Z₂ étant différent de l'oxygène ;
- 25 - X est choisi dans le groupe constitué par :



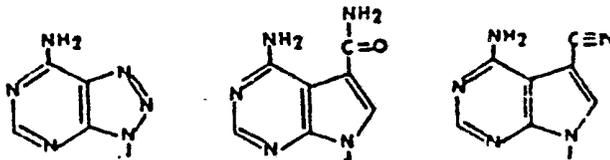
- 35 - Σ est un nombre entier égal à n, lorsque X représente -CHOHCH₂OH et est un nombre entier égal à n - 1, lorsque

25

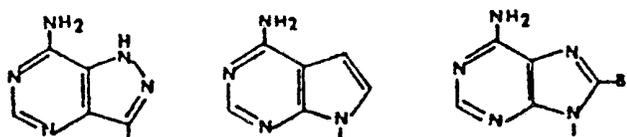
X est différent de $-\text{CHOHCH}_2\text{OH}$, n étant un nombre entier variant de 2 à 10 ;

- A est une base choisie parmi l'adénine ou ses dérivés, notamment ceux de formule :

5



10

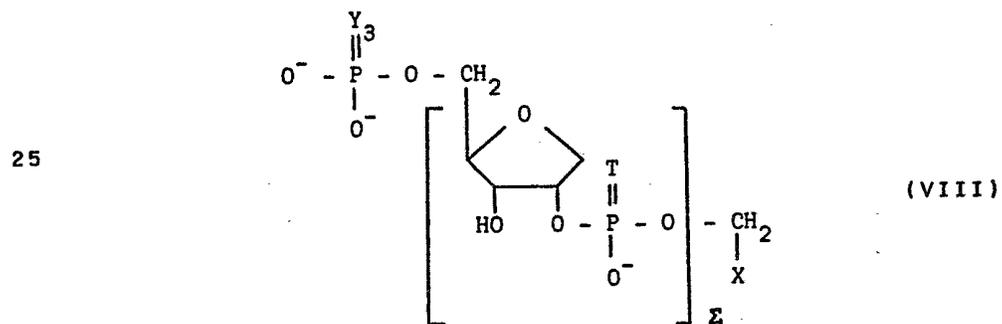


15

A l'intérieur de cette classe de nucléotides, une classe préférée est constituée par ceux dans lesquels T représente l'oxygène.

Une autre classe préférée d'oligonucléotides selon l'invention est constituée par ceux de formule

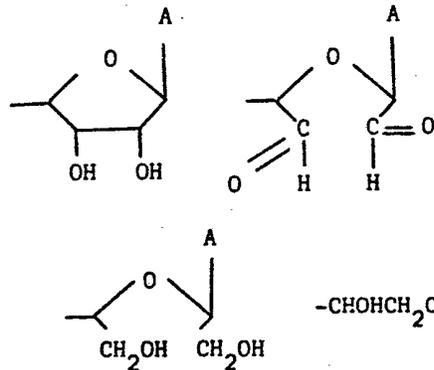
20 (VIII) suivante :



30 dans laquelle :

- Y_3 représente S, Se, NH ;
- T représente O, S, Se, NH ;
- X est choisi dans le groupe constitué par :

26

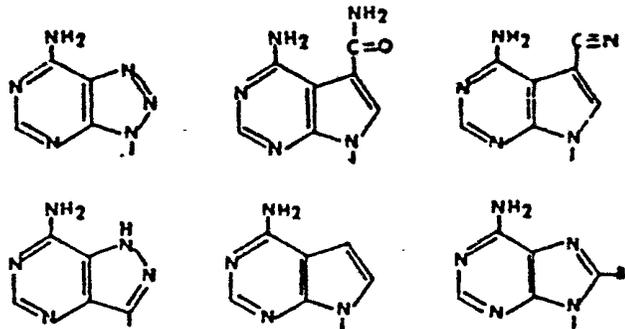


5

10 - Σ représente un nombre entier égal à n , lorsque X représente $-\text{CHOHCH}_2\text{OH}$ et un nombre entier égal à $n - 1$ lorsque X est différent de $-\text{CHOHCH}_2\text{OH}$, n étant un nombre entier variant de 2 à 10 ;

- A est une base choisie parmi l'adénine ou ses dérivés, notamment ceux de formule :

20

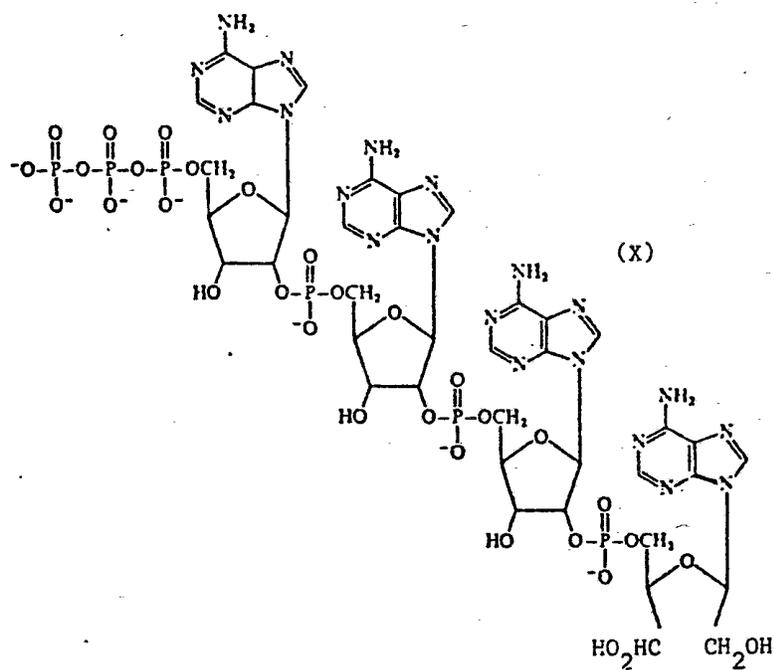
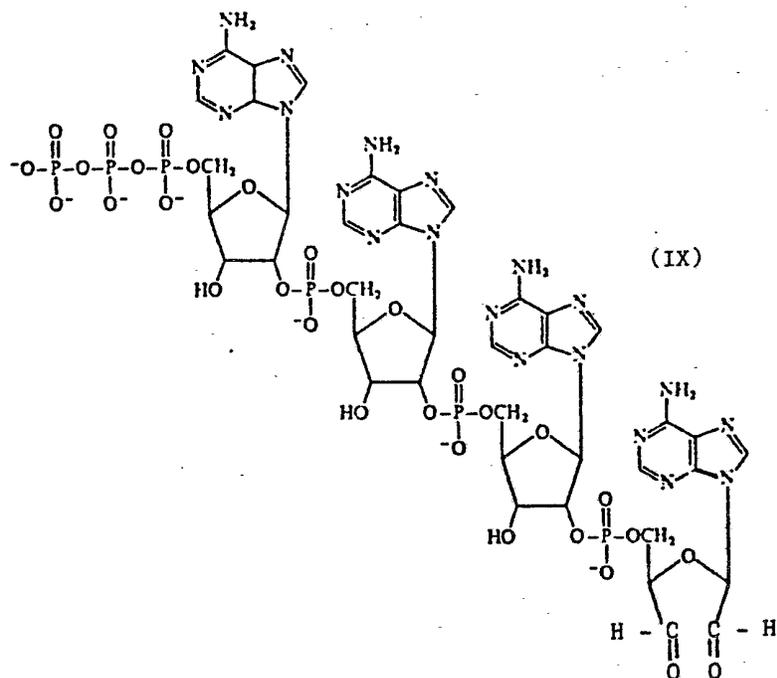


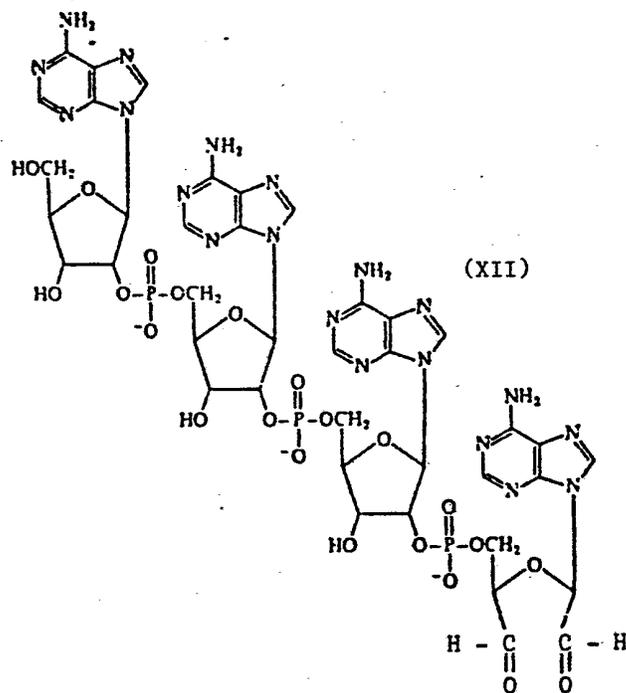
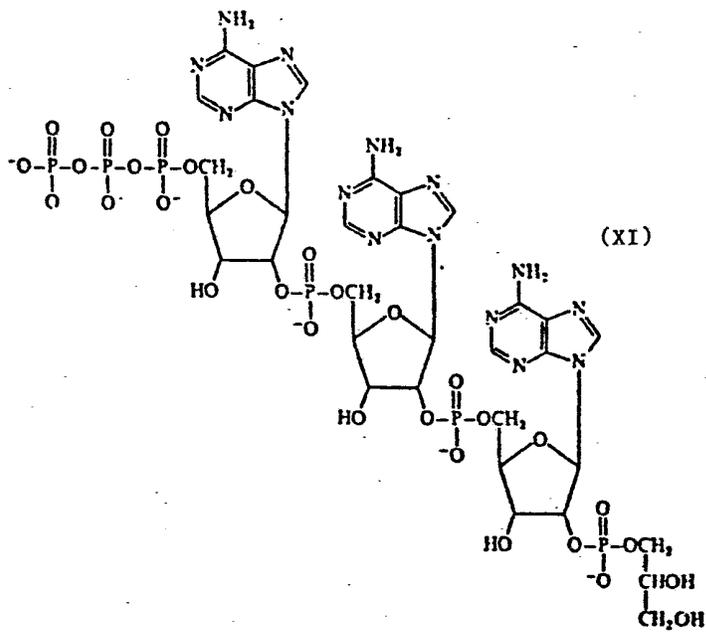
25

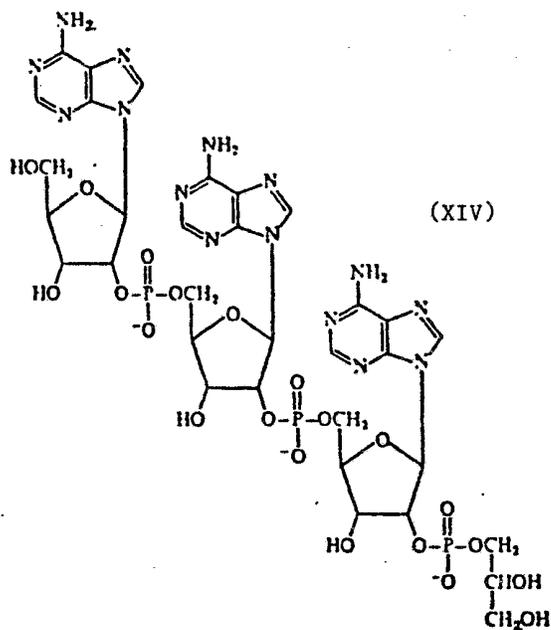
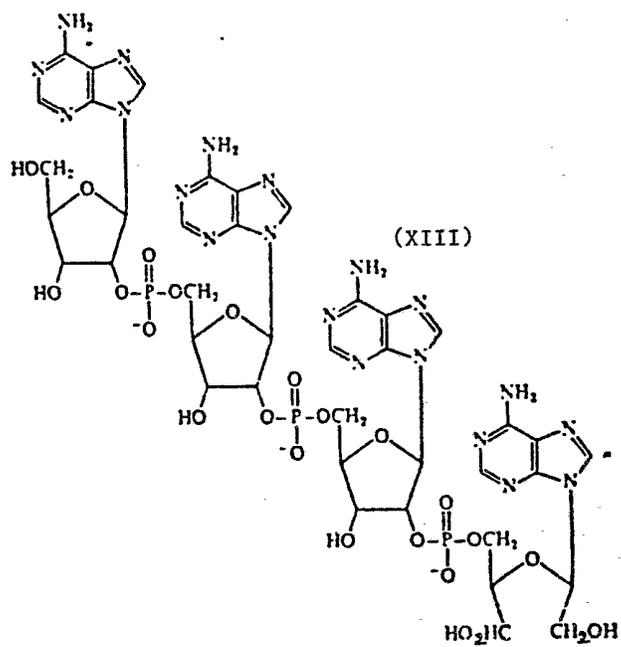
A l'intérieur de cette classe de nucléotides, une classe préférée est constituée par ceux dans lesquels T représente l'oxygène.

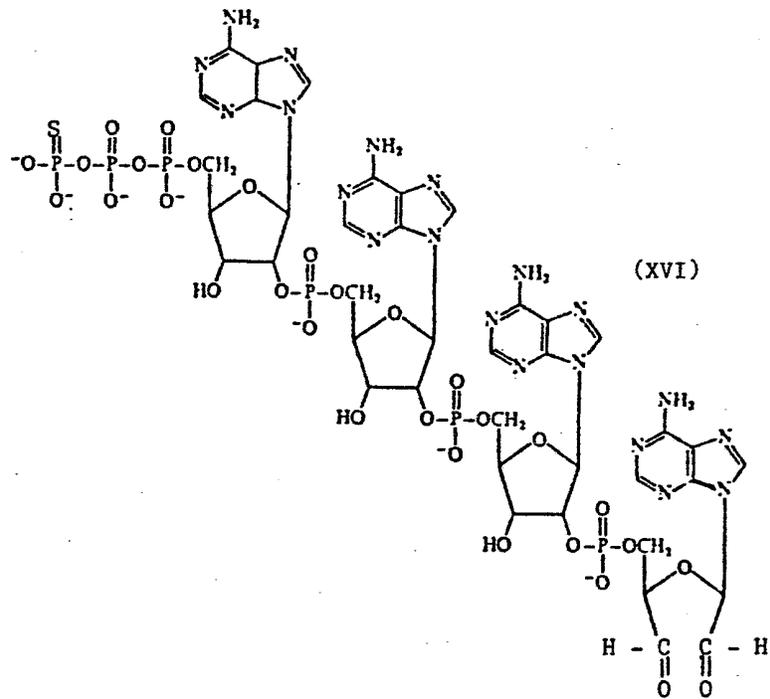
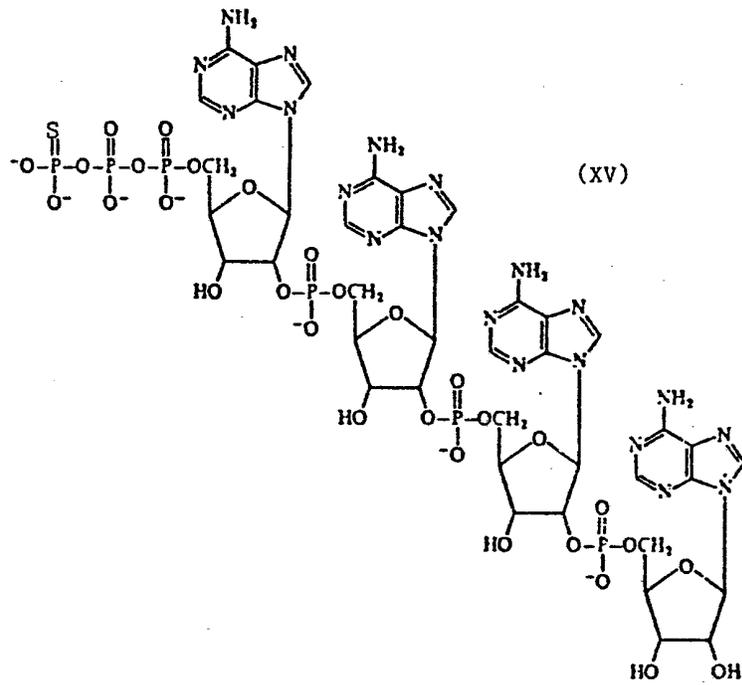
Des oligonucléotides particulièrement préférés selon l'invention ont pour formule :

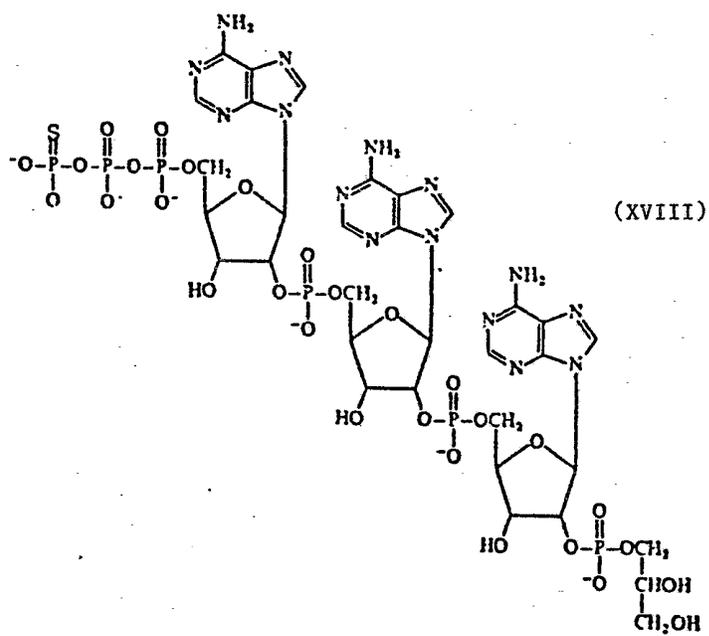
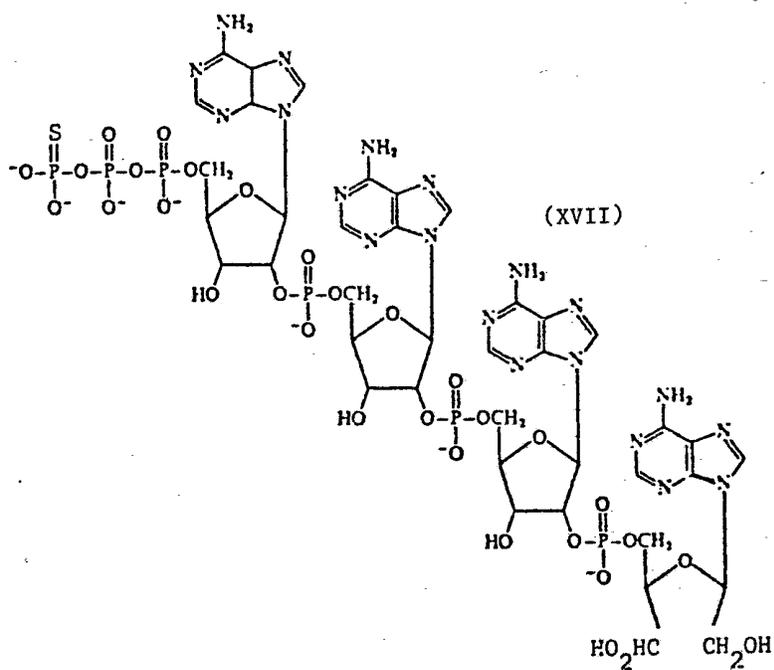
30











L'invention concerne également les sels qui peuvent être obtenus par réaction des susdits oligonucléotides avec les bases appropriées, en particulier les sels d'ammoniums quaternaire, tels que le sel de triéthylammonium, et les sels minéraux, tels que le sel de sodium.

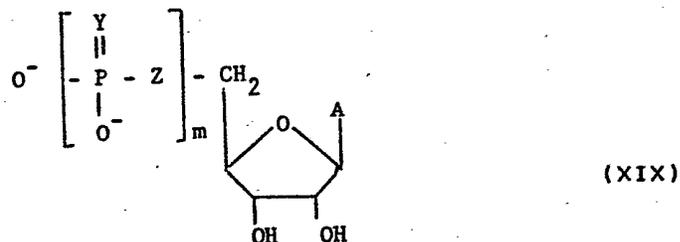
L'invention concerne également un procédé de préparation des oligonucléotides.

Pour préparer les oligonucléotides selon l'invention, on peut avoir recours soit à une synthèse chimique totale, soit à une synthèse enzymatique suivie de modifications chimiques.

En ce qui concerne la synthèse chimique, on peut se reporter au protocole décrit dans *Methods of Enzymology*, 79, 1981, 233-234.

En ce qui concerne la synthèse enzymatique des oligonucléotides de formule (I) selon l'invention, elle comprend :

- la polymérisation de composés de formule (XIX) suivante :



25

dans laquelle :

- Y représente O, S, Se ou NH ;

- Z représente O, S ou NH ;

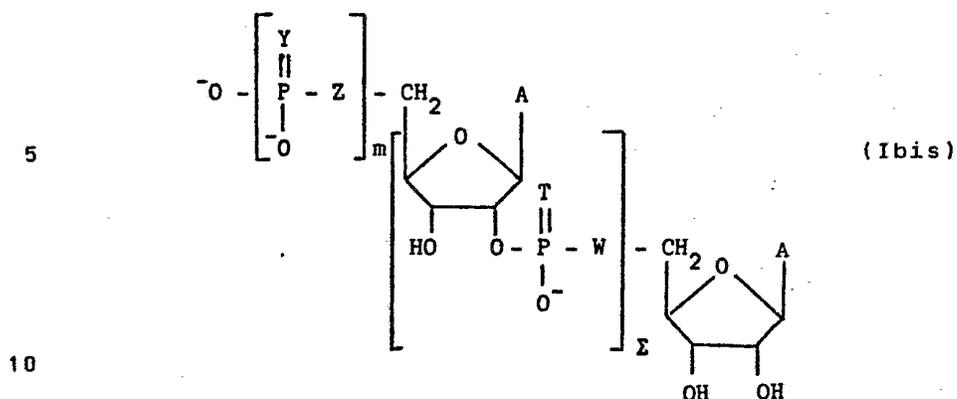
l'un au moins des éléments Y et Z étant de préférence différent de l'oxygène ;

- m est supérieur ou égal à 3 ;

- A a les significations indiquées ci-dessus ;

pour obtenir un composé de formule (Ibis) suivante :

30

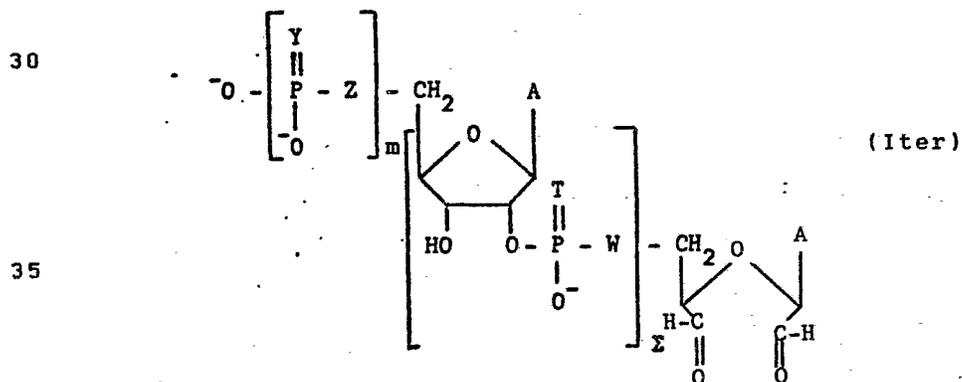


dans laquelle :

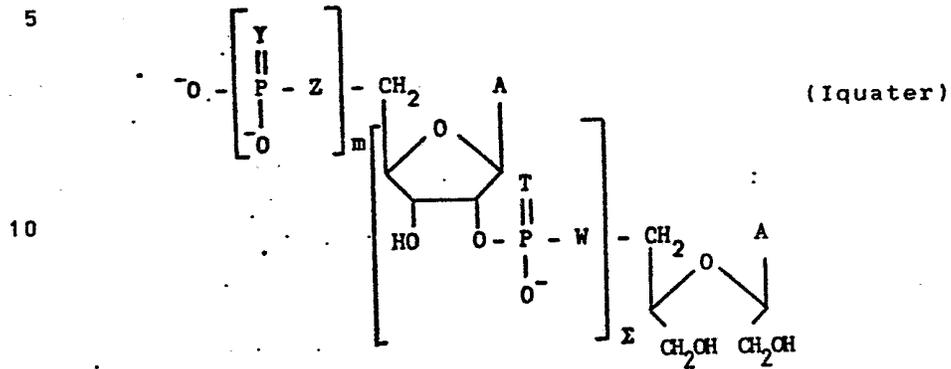
- Y et T, identiques ou différents, représentent O, S, Se, NH ;
 - 15 - Z et W, identiques ou différents, représentent O, S, NH ;
- l'un au moins des éléments Y et Z étant de préférence différent de l'oxygène ;
- Σ est un nombre entier égal à $n - 1$, n étant supérieur
 - 20 ou égal à 2 ;
 - m est un nombre entier supérieur ou égal à 1 ;
 - A a les significations indiquées ci-dessus ;

- et si nécessaire les étapes chimiques suivantes à savoir :

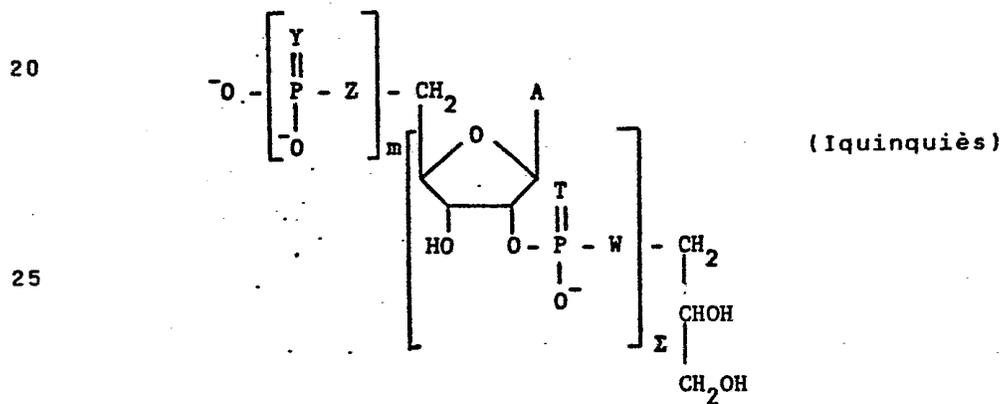
- 25 . l'oxydation éventuelle du groupe glycol pour introduire des fonctions aldéhyde sur les carbones en 2' et 3' de la dernière unité nucléosidique et obtenir le composé de formule (Iter) :



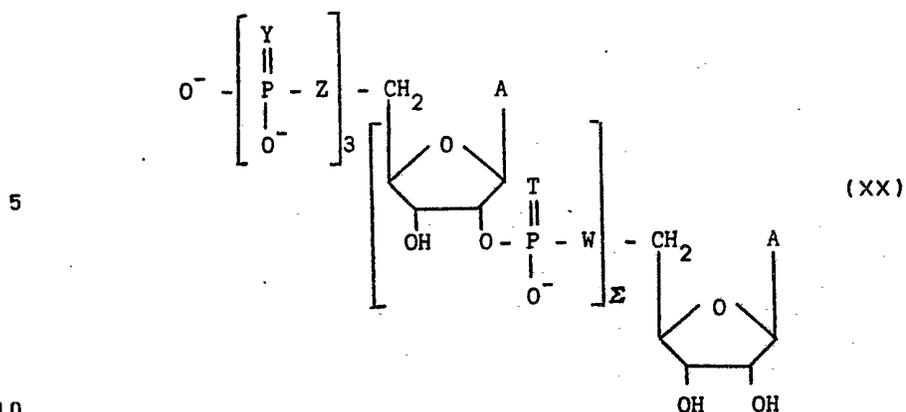
. la réduction éventuelle des deux fonctions al-
déhyde en fonctions alcool pour obtenir le composé de
formule (Iquater) :



. l'hydrolyse éventuelle, dans des conditions
évitant la bêta-élimination, pour obtenir le composé de
formule (Iquinquies) suivante :



Un mode de réalisation préféré d'oligonucléo-
30 tides selon l'invention de formule (XX) suivante :



dans laquelle :

- Y et T, identiques ou différents, représentent O, S, Se, NH ;

- Z et W, identiques ou différents, représentent O, S,

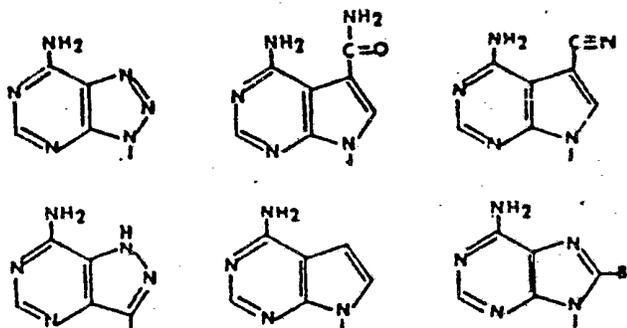
15 NH ;

- Y et Z ne représentent pas simultanément l'oxygène ;

- Σ est un nombre entier variant de 1 à 9 ;

- A est une base choisie parmi l'adénine ou ses dérivés, notamment ceux de formule :

20

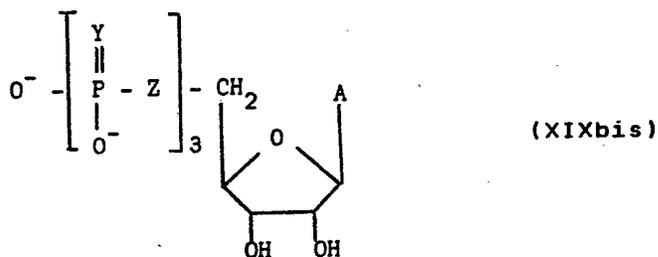


25

30 comprend :

1° la polymérisation d'un composé de formule (XIXbis) suivante :

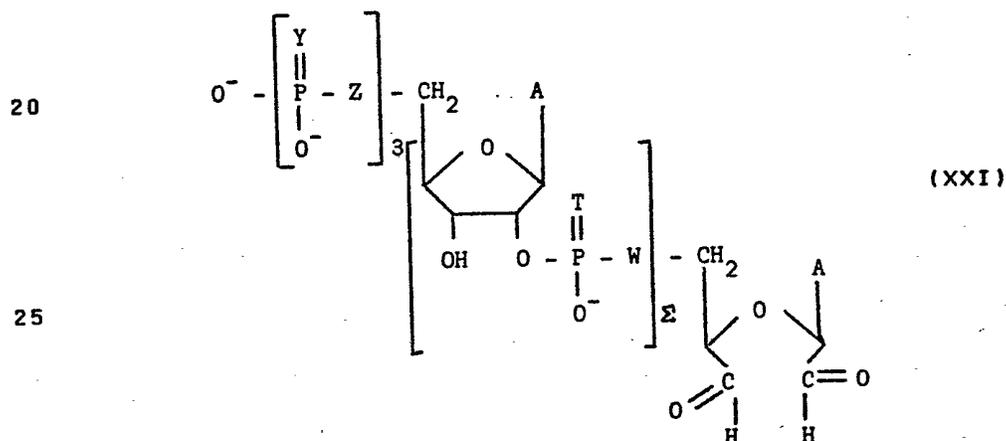
36



dans laquelle :

- Y représente O, S, Se ou NH ;
- 10 - Z représente O, S ou NH ;
- Y et Z ne représentent pas simultanément l'oxygène ;
- A a les significations indiquées ci-dessus ;

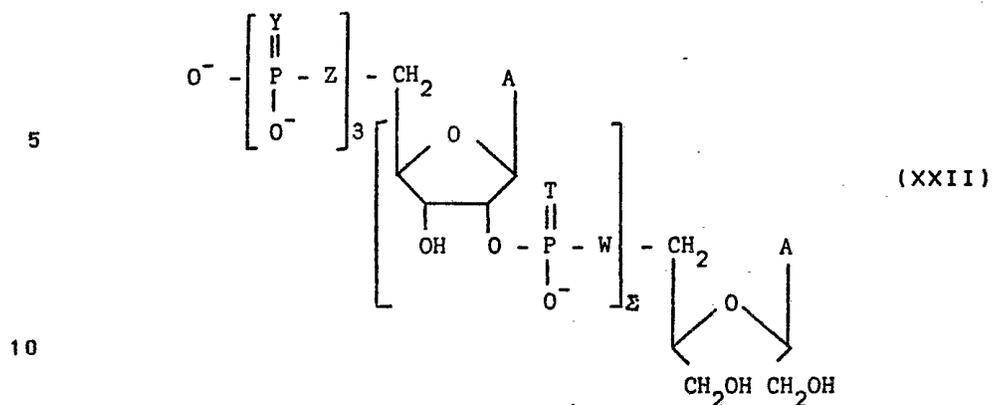
2° l'oxydation éventuelle du groupe glycol terminal, notamment par l'ion periodate pour transformer le
 15 glycol en deux fonctions aldéhyde et obtenir un composé de formule (XXI) suivante :



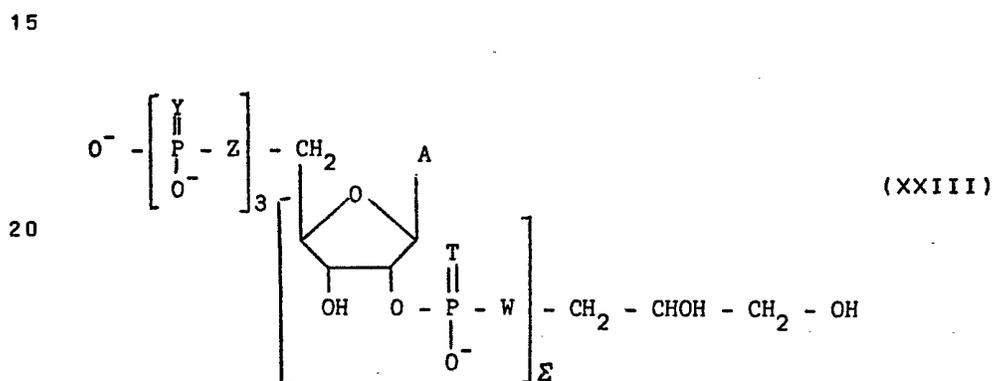
30 dans laquelle Y, Z, T, W, Σ et A ont les significations indiquées ci-dessus :

3° la réduction éventuelle des fonctions aldéhyde, notamment par le borohydrure de sodium pour transformer les deux susdites fonctions aldéhyde en fonctions alcool et obtenir le composé de formule (XXII) suivante :

35

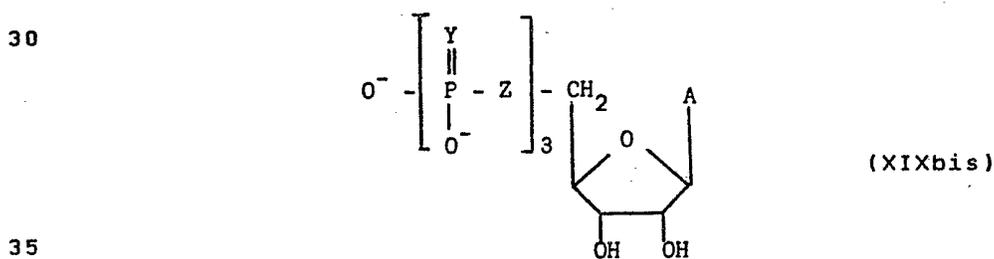


4° l'hydrolyse éventuelle, notamment l'hydrolyse acide ménagée, pour éliminer le noyau de ribose et obtenir le composé de formule (XXIII) suivante :



25

Parmi les composés de formule (XIX) sont disponibles dans le commerce, ceux de formule (XIXbis) suivante :

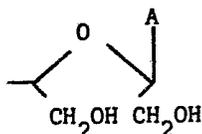


dans lesquels Y représente le soufre et Z représente l'oxygène, ainsi que ceux dans lesquels Y représente l'oxygène et Z représente le groupe NH, A représentant l'adénine ou un de ses dérivés comme définis ci-dessus.

5 L'oxydation du groupe glycol de la dernière unité nucléosidique pour supprimer la liaison directe entre le carbone en 2' et le carbone en 3' et introduire deux fonctions aldéhyde peut être effectuée par l'acide périodique dans des conditions de pH rigoureusement contrôlées pour éviter une bêta élimination.

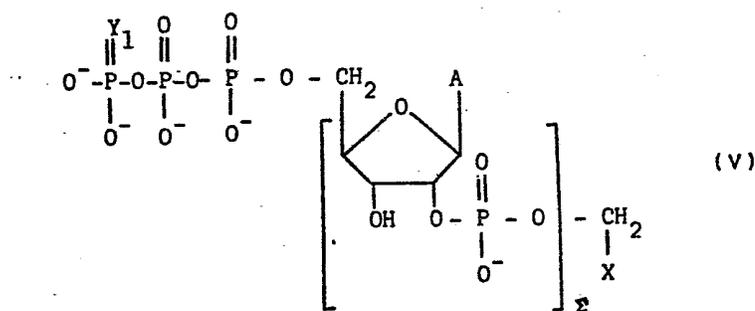
10 L'expression "conditions de pH rigoureusement contrôlées" signifie le maintien du milieu réactionnel à pH 4,0, à 0-4°C et à l'obscurité.

La réduction des fonctions aldéhyde en fonctions alcool peut être effectuée par le borohydrure de sodium. L'hydrolyse pour transformer :



en groupe $-\text{CHOHCH}_2\text{OH}$ est de préférence une hydrolyse acide ménagée, effectuée selon des méthodes classiques.

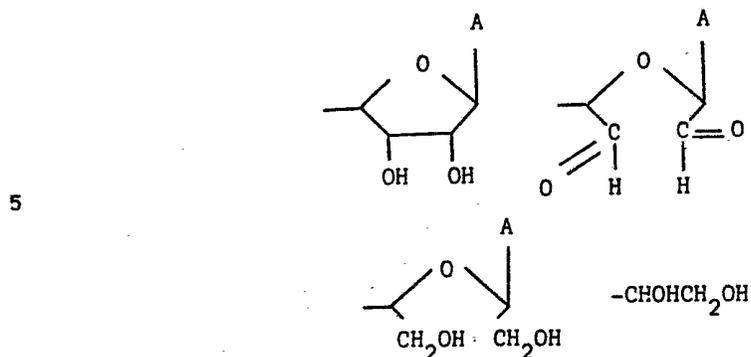
Un procédé d'obtention selon l'invention des oligonucléotides de formule (V) suivante :



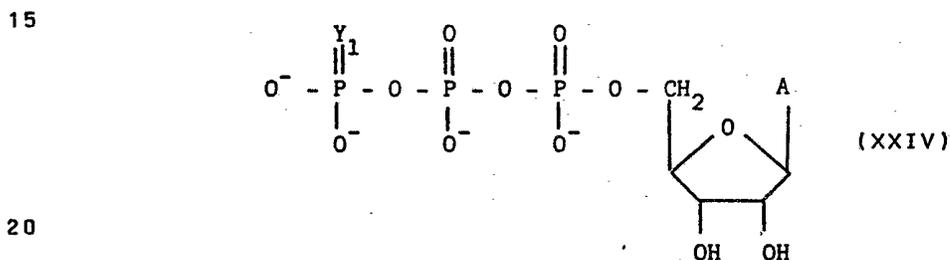
dans laquelle :

- 35 - Y_1 représente NH, Se, S ;
- X représente :

39

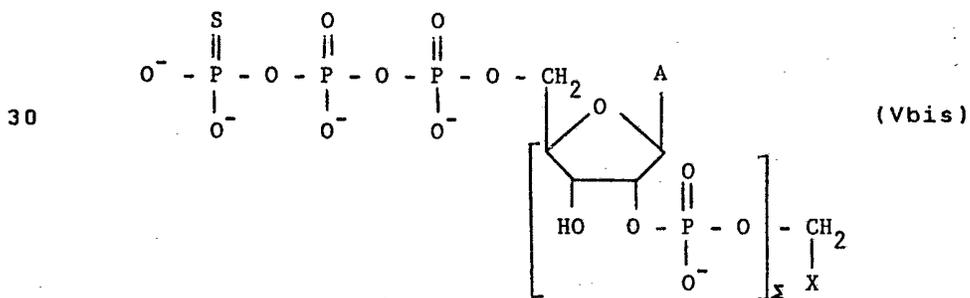


10 - Σ est un nombre entier égal à n, lorsque X représente -CHOHCH₂OH, n - 1 lorsque X est différent de -CHOHCH₂OH, n variant de 2 à 10 ;
est caractérisé en ce que l'on polymérise le composé de formule (XXIV) suivante :



et que l'on effectue les étapes 2°, 3° et 4° comme indiqué ci-dessus.

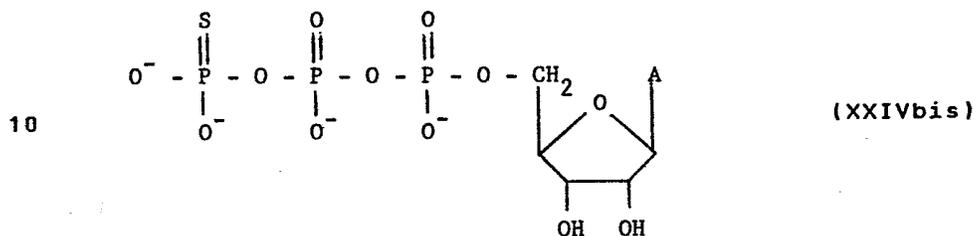
25 A l'intérieur de la classe de procédés qui vient d'être définie, un procédé d'obtention selon l'invention des oligonucléotides de formule (Vbis) suivante :



dans laquelle :

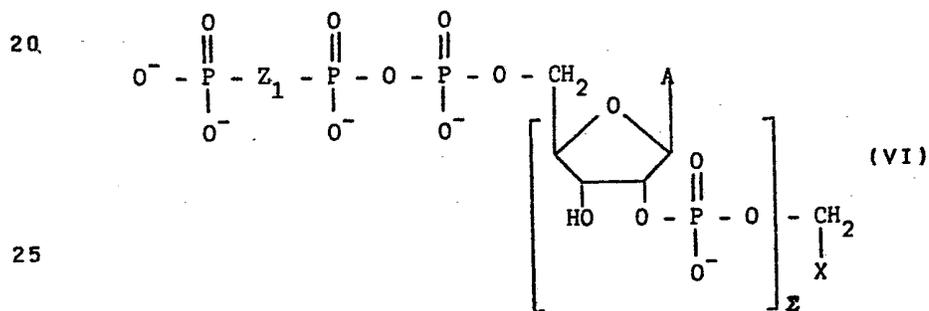
- Σ , X ont les significations précédemment indiquées ;
- A a la signification précédemment indiquée, et de préférence représente l'adénine ;

5 est caractérisé en ce que l'on polymérise un composé de formule (XXIVbis) suivante :



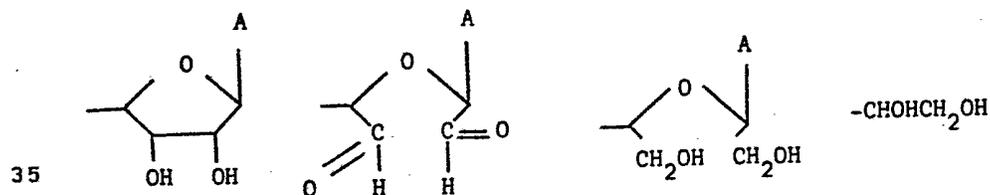
15 et que l'on effectue les étapes 2°, 3° et 4° comme indiqué ci-dessus.

Un procédé d'obtention selon l'invention des oligonucléotides de formule (VI) suivante :

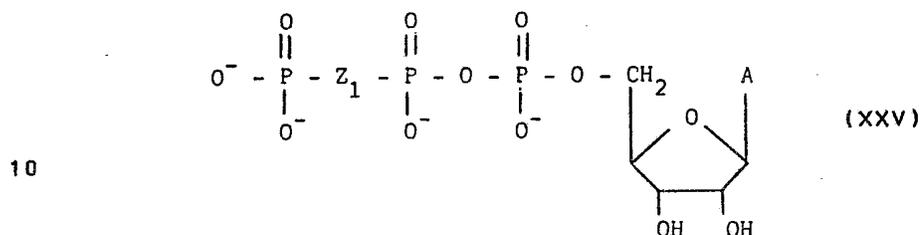


dans laquelle :

- Z_1 représente NH ou S ;
- 30 - X est choisi dans le groupe constitué par :

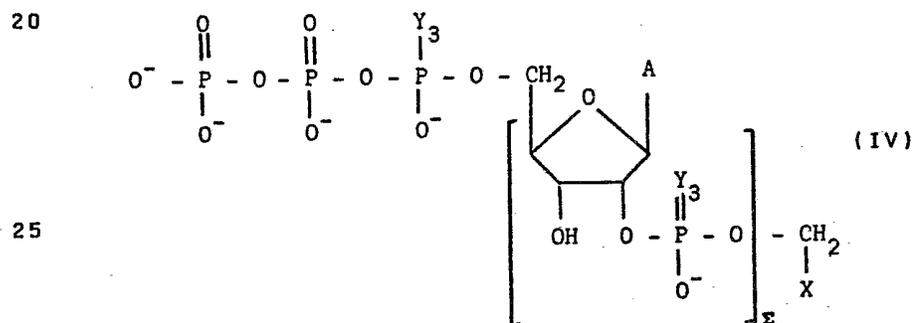


- Σ est un nombre entier égal à 1, lorsque X représente
 -CHOHCH₂OH et égal à n - 1 lorsque X est différent de
 CHOHCH₂OH, n variant de 2 à 10 ;
 est caractérisé en ce qu'on polymérise le composé de
 5 formule (XXV) suivante :



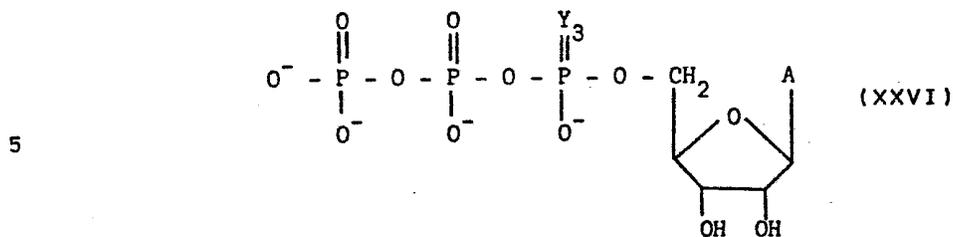
dans laquelle Z₁ représente S ou NH et A a la signifi-
 cation indiquée ci-dessus ;
 15 et que l'on effectue les étapes 2°, 3° et 4° comme in-
 diqué ci-dessus.

Un procédé d'obtention d'oligonucléotides selon
 l'invention de formule (IV) suivante :



dans laquelle :

- Y₃ représente NH, S ou Se ;
 30 - Σ , X et A ont les significations indiquées ci-dessus ;
 est caractérisé en ce qu'on polymérise le composé de
 formule (XXVI) suivante :

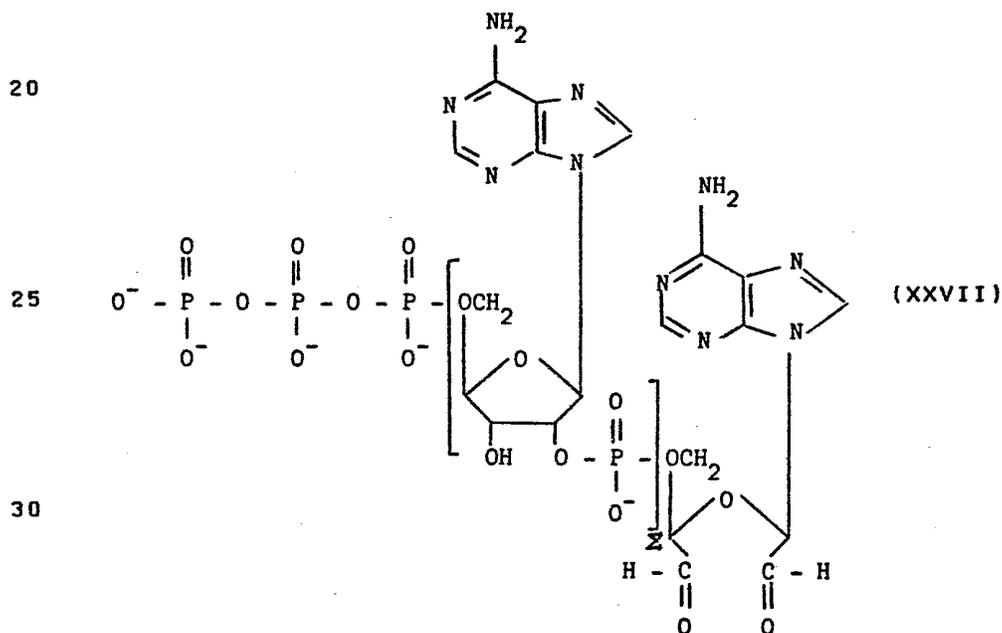


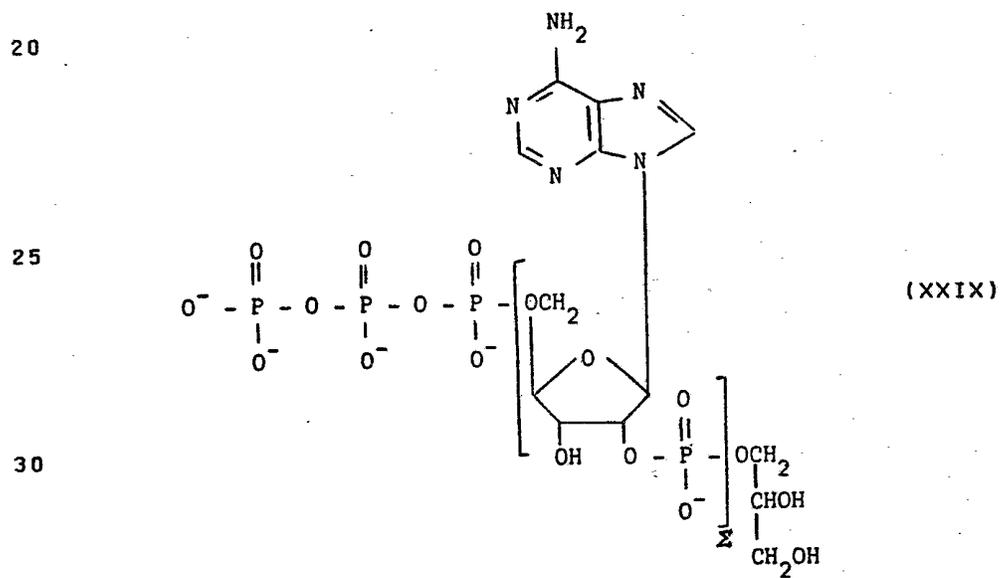
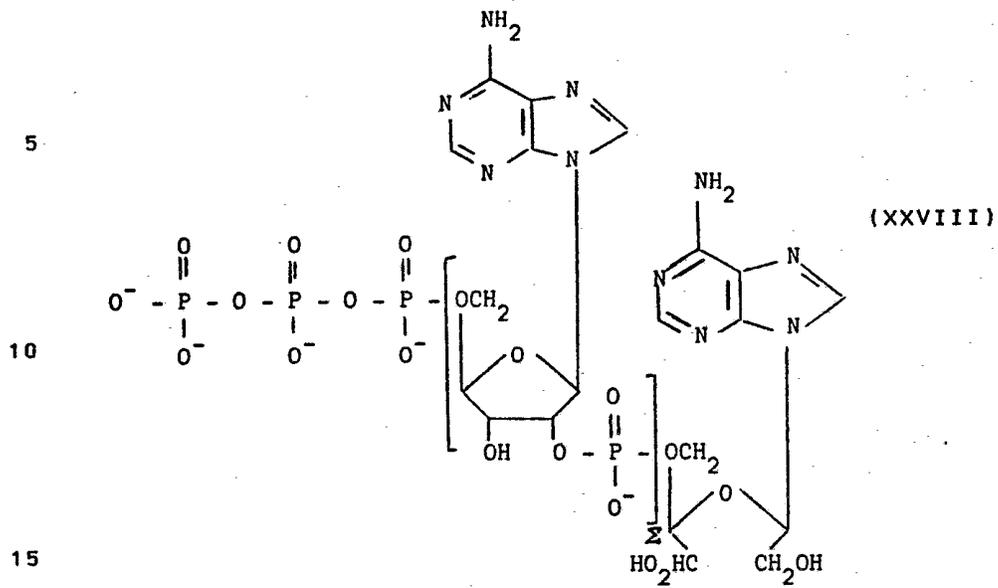
dans laquelle :

- Y_3 représente S, Se, NH ;
 - 10 - A a les significations indiquées ci-dessus ;
- et que l'on effectue les étapes 2°, 3° et 4°, comme indiqué ci-dessus.

EXEMPLE 1

cet exemple concerne la préparation d'oligonu-
 15 cléotides $(2'-5')(A)_n$ synthétisés par voie enzymatique
 et modifiés chimiquement. Ces composés peuvent être
 représentés par les formules suivantes :





35 et de leurs dérivés déphosphorylés correspondants.

Matériaux et méthodesMatériaux

Les milieux proviennent d'Eurobio (Paris) et les sérums des Laboratoires Flow.

5 On utilise par exemple de l'interféron de leucocytes humains (Hu IFN α) purifié à une activité spécifique de 2×10^6 UI/mg de protéines.

Le polyacide riboinosinique-polyacide ribocytidylique [ci-après désigné par l'abréviation
10 poly(rI).poly(rC)] est obtenu par exemple de PL Biochemicals. La phosphatase alcaline bactérienne de type III-R provient de Sigma et est conservée à 4°C.

Le [γ ³²P] ATP (activité spécifique 2 000 Ci/mM) et le (2'-5')(A)_n-pCp [³²P] (activité spécifique
15 3 000 Ci/mM) proviennent d'Amersham.

Le boro[³H]hydrure de sodium (activité spécifique 30 Ci/mol) est fourni par le Commissariat à l'Energie Atomique.

Le diéthylaminoéthyl-trisacryl (ci-après désigné
20 par DEAE trisacryl) provient de l'Industrie Biologique Française.

Cellules et virus

On maintient des cellules HeLa en monocouches dans un milieu commercialisé sous la désignation RPMI
25 1640, notamment par les Laboratoires Eurobio, Paris, complété par du sérum de veau foetal à 10 % (v/v), 50 UI/ml de pénicilline et 50 µg/ml de streptomycine. On fait croître des cellules L929 dans un milieu minimal essentiel additionné de 5 % (v/v) de sérum de cheval
30 donneur, de 3 g/l de bouillon de phosphate bactotryptose, 3,4 g/l de glucose et d'antibiotiques comme mentionné ci-dessus. On utilise la souche Indiana du virus de stomatite vésiculaire (VSV) et on la fait pousser dans des cellules L929.

35 Synthèse enzymatique d'oligoadénylates (2'-5')(A)_n

Les oligoadénylates (2'-5')(A)_n sont synthétisés

par voie enzymatique selon la méthode décrite par MINKS et coll. (J. Biol. Chem., 1979, 254, 5 058-5 064).

On peut résumer la préparation des composés $(2'-5')(A)_n$ comme suit.

5 Des extraits cytoplasmiques sont préparés à partir de cellules HeLa traitées avec 200 unités par ml d'interféron de leucocytes humains pendant 48 heures. L'extrait est incubé avec 5 mM d'ATP et 20 μ g/ml de poly(rI).poly(rC) pendant 2 heures, porté à ébullition
10 pendant 3 mn à 100°C et centrifugé à 10 000 x g pendant 10 mn. Des oligomères $[\gamma\text{-}^{32}\text{P}] (2'-5')(A)_n$ sont synthétisés en incubant des extraits cellulaires avec du $[\gamma\text{-}^{32}\text{P}]$ ATP dans les mêmes conditions.

Fractionnement des oligoadénylates $(2'-5')(A)_n$

15 On synthétise approximativement 4 000 unités de densité optique à 260 nm de $(2'-5')(A)_n$, c'est-à-dire 100 μ moles, n allant de 2 à 15 (qui seront fractionnées par la suite) dans des extraits de cellules HeLa traitées par l'interféron à 37°C pendant 2 heures comme décrit ci-dessus. Les protéines sont précipitées par incubation du mélange à 100°C pendant 5 mn et centrifugation à 15 000 x g pendant 10 mn. Le surnageant est dilué
20 3 fois avec de l'eau et ajusté à pH 8,5 avec du KOH 0,1 M avant d'être chargé sur une colonne (2,5 x 64 cm) de DEAE trisacryl M, équilibré avec un tampon à pH 8,5 de bicarbonate de triéthylammonium 0,25 M. On lave la colonne avec 1 500 ml de ce tampon et les oligoadénylates $(2'-5')(A)_n$ sont élués avec un gradient linéaire (1
30 500 ml/1 500 ml) de tampon à pH 8,5 de bicarbonate de triéthylammonium 0,125-0,45 M. Les oligomères en pics individuels sont identifiés par chromatographie liquide haute performance (HPLC). Les fractions sont concentrées sous vide sous pression réduite et coévaporées avec de l'eau plusieurs fois, afin d'éliminer le tampon de bicarbonate de triéthylammonium. Des quantités en mg de
35 chacun des oligomères peuvent être obtenues sous forme

purifiée et contrôlées par HPLC.

Synthèse et purification des noyaux ou "cores" de $(2'-5')(A)_n$

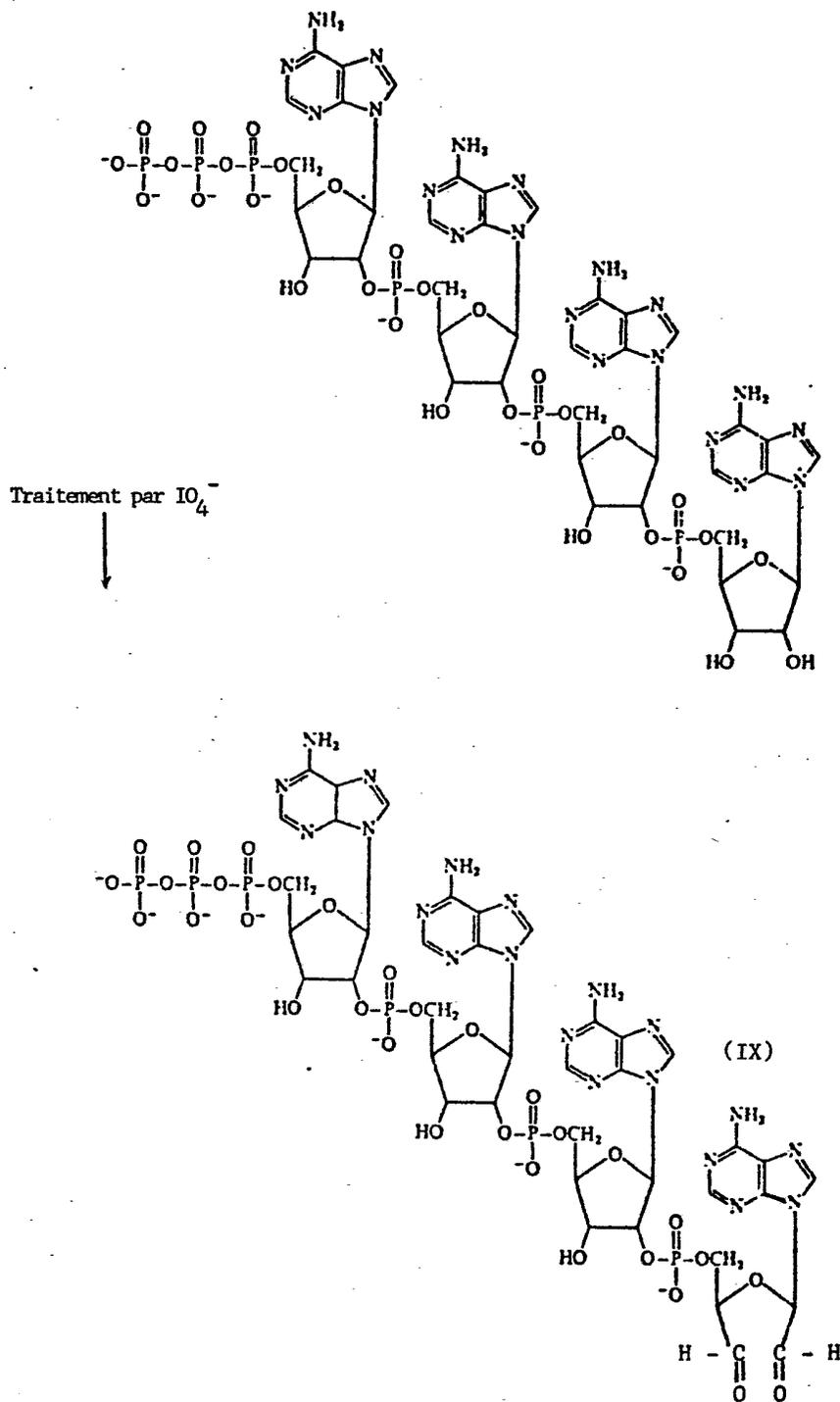
Les oligoadénylates déphosphorylés que l'on désigne également par "cores" ou noyaux (400 unités de A_{260}) obtenus par digestion enzymatique de $(2'-5')(A)_n$ de phosphatase alcaline sont fractionnés par chromatographie à échange d'ions sur une colonne (1,5 x 25 cm) de DEAE-trisacryl M. Chaque oligoadénylate déphosphorylé est obtenu sous forme pure par une élution de la colonne avec un gradient linéaire (300 ml/300 ml) de tampon à pH 8,5 de bicarbonate de triéthylammonium (0-100 mM).

Modification chimique d'oligoadénylates $(2'-5')(A)_n$

On effectue l'oxydation, à l'aide de périodate, du $(2'-5')(A)_n$ pendant 15 heures dans des conditions ménagées, afin d'éviter la bêta-élimination. De façon classique, on ajoute 100 μ l de métapériodate de sodium 16 mM dans du tampon d'acétate de sodium 0,2 M à pH 4,0 à 100 μ l de $(2'-5')(A)_n$ 1 mM dans l'eau distillée à 4°C. On agite le mélange à 4°C dans l'obscurité pendant 15 heures. L'excès de périodate est détruit immédiatement après la phase d'oxydation avec 10 μ l d'éthylène glycol et le dérivé dialdéhyde en 2',3', conforme à l'invention, correspondant au $(2'-5')(A)_n$ est réduit à 4°C pendant 5 heures par 100 μ l de borohydrure de sodium 0,1 M dans un tampon de borate 0,1 M à pH 9,0. Dans certains cas, le dialdéhyde en 2',3' est réduit avec du boro- $[^3H]$ -hydrure de sodium. On acidifie ensuite le mélange avec de l'acide acétique 0,1 M et on dessale sur une colonne de Séphadex G-15. Le dérivé O-phosphoglycérulé conforme à l'invention de $(2'-5')(A)_n$ est obtenu par une hydrolyse acide ménagée de la liaison ribose-oxygène avec de l'acide sulfurique 0,005 M à 80°C pendant 30 minutes. On désignera ci-après par $(2'-5')(A)_n$ PGro, les 2'-5' oligoadénylates selon l'invention qui comportent un groupe terminal O-phosphoglycérulé.

Le diagramme ci-après résume, à titre d'exemple, les principales modifications chimiques effectuées à partir de l'oligoadénylate $(2'-5')(A)_4$ non modifié pour obtenir les oligoadénylates $(2'-5')(A)_4$ selon l'invention.

Composé de départ : oligoadénylate (2'-5')(A)₄



L'oxydation, par exemple par l'ion periodate, du groupe alpha-glycol de la molécule (2'-5')(A)₄ introduit deux fonctions aldéhyde en 2' et 3', ce qui conduit au composé (IX).

5 Composé de formule (IX) :

Traitement par BH_4Na

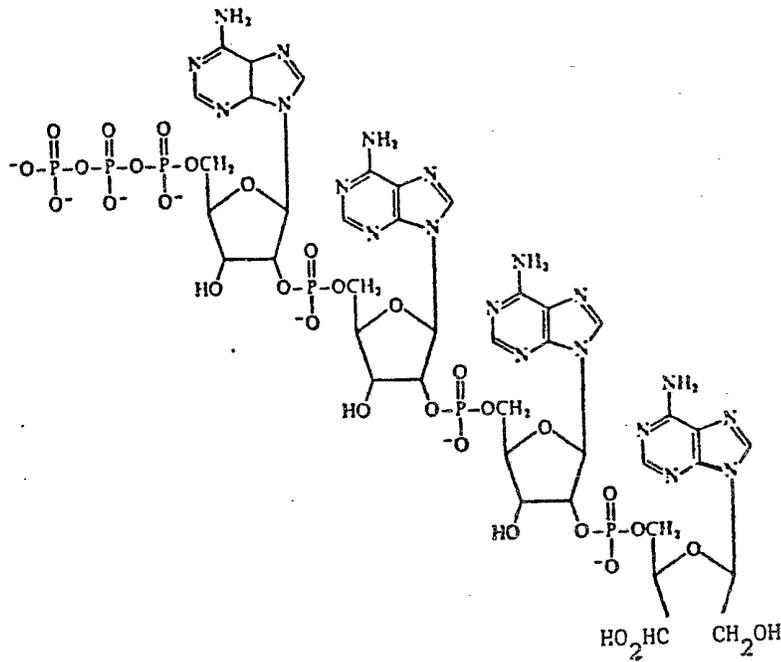


10

15

20

25

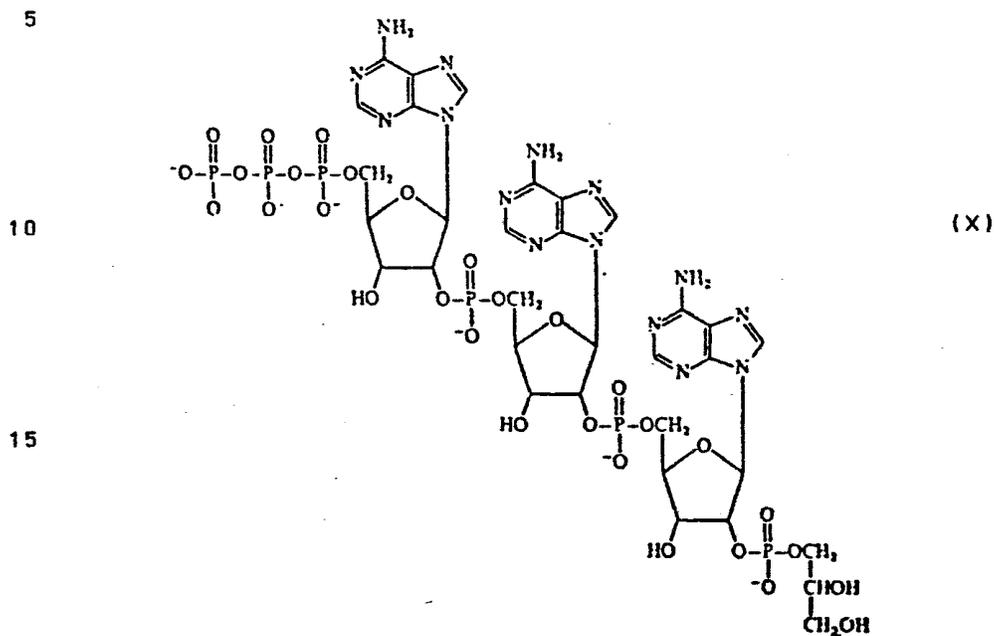


Les deux fonctions aldéhyde sont réduites par exemple par du borohydrure de sodium en deux fonctions alcool, ce qui conduit au composé (X).

30

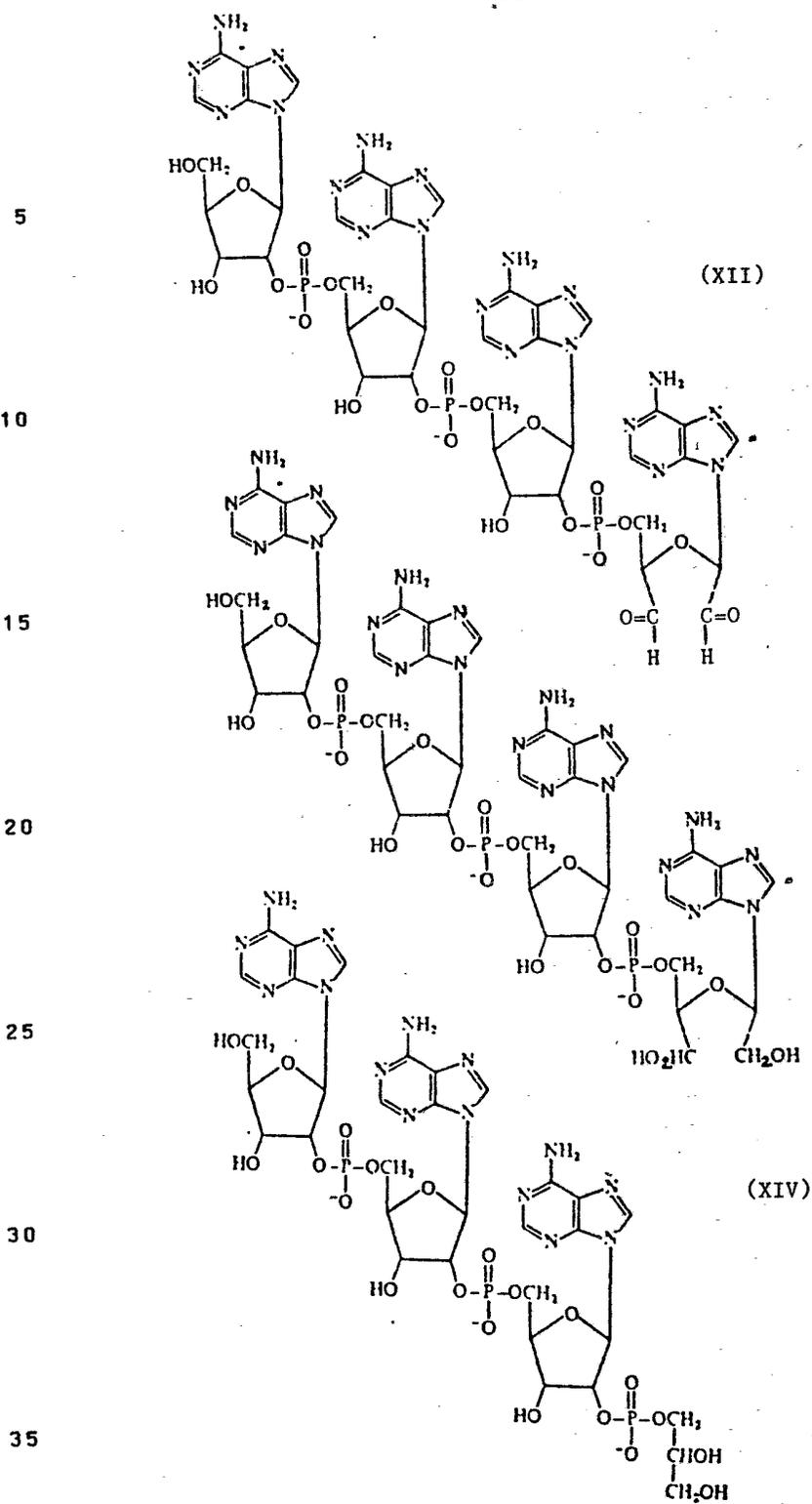
Composé de formule (X) :

Hydrolyse acide ménagée



L'hydrolyse acide ménagée avec par exemple de l'acide sulfurique dilué donne un (2'-5') oligoadénylate comportant un groupe terminal 2'-O-phosphoglycérile. Les noyaux déphosphorylés correspondant aux composés de formules (IX), (X), (XI) s'obtiennent par traitement de

On obtient ainsi respectivement les composés de formules suivantes :



Analyse par chromatographie liquide hautes performances des (2'-5')(A)_n phosphorylés et non phosphorylés et de leurs dérivés 0-phosphoglycérulé

Les oligoadénylates (2'-5')(A)_n, les (2'-5')-
 5 (A)_n-PGro (dérivé 2'-0-phosphoglycérulé de (2'-5')(A)_n)
 et les oligoadénylates déphosphorylés correspondants
 (noyaux) sont isolés et caractérisés sur une colonne
 commercialisée sous le nom µBondapak C₁₈ dans un tampon
 phosphate d'aluminium (Brown R. E. et coll., 1981,
 10 Methods Enzymol. 78B, 208-216 et Knight M. et coll.,
 1980, Nature, 288, 189-192). On équilibre la colonne
 avec un tampon de phosphate d'ammonium 50 mM à pH 7,0
 pour la séparation des (2'-5')(A)_n phosphorylés ou avec
 un tampon phosphate d'ammonium 4 mM à pH 6,5 pour la
 15 séparation des noyaux déphosphorylés et on élue pendant
 25 minutes avec 25 ml d'un gradient linéaire 0-50 % de
 méthanol/eau (1 : 1 v/v). Toutes les séparations sont
 effectuées avec un chromatographe HPLC commercialisé
 sous le nom Varian 5 000.

20 Analyse par électrophorèse haut voltage d'oligoadénylates (2'-5')(A)_n et leurs produits de dégradation

Les oligoadénylates individuels (2'-5')(A)_n et
 leurs produits de dégradation tels que des phosphates
 inorganiques (Pi), ATP et AMP sont séparés par électro-
 25 phorèse sur papier commercialisé sous le nom Whatman
 DE81 dans de l'acide formique à 8,7 % (v/v) à pH 1,8
 pendant 0,5 à 6 heures à 60 V/cm dans un appareil d'é-
 lectrophorèse haut voltage commercialisé sous le nom
 Gilson. On repère les composants radio-actifs et on les
 30 quantifie par une autoradiographie avec une pellicule
 commercialisée sous le nom Kodak X-Omat AR.

Activité de la phosphodiesterase dans les extraits cellulaires HeLa

La stabilité des (2'-5')(A)_n et des noyaux ana-
 35 logues conformes à l'invention est déterminée dans les
 extraits cellulaires HeLa en mesurant la disparition des

oligonucléotides. Le $(2'-5')(A)_5$ (5 μ l) est incubé à la concentration finale de 0,02 mM avec 5 μ l d'extraits cellulaires HeLa (22 mg de protéines par ml) en présence d'acide 4-(2-hydroxyéthyl)-1-pipérazine éthane sulfonique (Hepes) 20 mM à pH 7,6 d'acétate de magnésium 2,5 mM, de chlorure d'ammonium 33 mM, de dithiothreitol et de fluorure de phénylméthylsulfonyl 1 mM (tampon 1). La réaction est arrêtée par chauffage à 100°C pendant 2 minutes et on centrifuge à 10 000 Xg pendant 10 minutes. Le $(2'-5')(A)_3$ (1 nM) est additionné au surnageant comme référence interne et les produits résiduels sont quantifiés par HPLC comme décrit ci-dessus.

Activité de la phosphatase dans les extraits cellulaires HeLa

Les oligoadénylates $(2'-5')(A)_n$ et leurs analogues conformes à l'invention sont incubés dans des extraits cellulaires HeLa (5 μ l) pendant des durées de temps différentes dans des essais de 20 μ l, dans le tampon 1 défini ci-dessus (cf. l'essai à la phosphodiesterase) ou dans le même tampon complété avec de l'ATP 1 mM, du GTP (guanosine triphosphate) 0,1 mM, du CTP (cytosine triphosphate) 0,6 mM, de la phosphate créatine 100 mM, de la phosphokinase créatine à raison de 160 μ g/ml et tous les 20 aminoacides à raison de 500 μ M chacun (tampon 2). On arrête la réaction en chauffant à 100°C pendant 20 minutes, les protéines précipitées sont éliminées par centrifugation à 10 000 Xg pendant 10 minutes. L'activité de la phosphatase est déterminée en mesurant la disparition de $[Y-^{32}P](2'-5')(A)_n$ et l'apparition concomitante de $^{32}P_i$, libérée après électrophorèse haut voltage, ou en mesurant l'accumulation de noyaux d'oligoadénylates, par chromatographie liquide hautes performances.

Micro-injection cellulaire

Des cellules d'HeLa sont cultivées sur des petits morceaux de verre (2 mm²) à des densités qui permettent à environ 200 cellules de s'attacher à chacun
5 des fragments de verre comme décrit dans Huez G. et coll., 1981, Proc. Natl Acad. Sci., 78, 908-911. On effectue des micro-injections selon la méthode originellement décrite par Graessmann (1983, Methods Enzymol., 101, 482-492). Un volume moyen de 0,5 nl
10 (approximativement 1/10ème du volume cellulaire) est injecté dans le cytoplasme de chacune des cellules avec des micro-pipettes en verre de diamètre 0,5-1 µm. Les injections sont contrôlées sous un microscope à contraste de phase commercialisé par Leitz-Diavert avec un
15 grossissement de 320.

Essai de l'activité antivirale

Les cellules sont infectées à des temps indiqués, généralement une heure après la micro-injection, avec du virus de stomatite vésiculaire (VSV) à une mul-
20 tiplicité de 10 pendant une heure à 37°C dans un milieu RPMI 1640 additionné de sérum de veau foetal 5 % (v/v). Les virus non adsorbés sont soigneusement éliminés par trois lavages avec du RPMI contenant du sérum de veau foetal à 10 % (v/v).

25 On détermine le titre de virus produit 18 heures plus tard selon les méthodes connues (Stewart W. E., 1970, J. Virol., 6, 795-799). Pour résumer 10⁶ cellules L929 sont mises dans des boîtes de Petri destinées à la culture de tissus (2 cm de diamètre). 24 heures après
30 l'incubation, on étend 0,05 ml des suspensions de virus diluée (facteur de dilution 50) soigneusement sur la monocouche des cellules. Une heure plus tard, la suspension virale est éliminée par succion et on étend
2 ml d'agarose fondu à 1,6 % (v/v) dans un milieu essentiel minimum complété par du sérum de veau foetal à
35 2 % (v/v) sur la monocouche des cellules. Les plaques

sont incubées pendant 18 heures dans un incubateur à CO_2 . Les plaques sont ensuite révélées par une solution à 1 % (v/v) de rouge neutre dans une solution saline tamponnée isotonique de phosphate.

5 RESULTATS

Synthèse et modification chimique de $(2'-5')(A)_n$

Des quantités en mg de $(2'-5')(A)_n$ sont synthétisées enzymatiquement dans des extraits de cellules HeLa traités par l'interféron et fractionnés en une étape par une chromatographie à échange d'ions sur du DEAE trisacryl comme décrit précédemment. On effectue ensuite les modifications chimiques comme indiqué ci-dessus, pour obtenir les $(2'-5')(A)_n$ modifiés, conformes à l'invention.

15 Stabilité du $(2'-5')(A)_n$ et de ses analogues

Afin de tester la stabilité des composés selon l'invention vis-à-vis de la 2-phosphodiesterase, on a incubé les noyaux de $(2'-5')(A)_n$ et leurs dérivés O-phosphoglycéryl, pendant 8 heures dans des extraits préparés soit à partir de cellules HeLa non traitées, soit à partir de cellules traitées par l'interféron, et leur disparition est suivie d'une chromatographie liquide de haute performance. Pour les extraits cellulaires HeLa traités par l'interféron et selon les résultats publiés

25 (Minks M. A., 1979, J. Biol. Chem., 254, 5 058-5 064 ; Williams B. R. G. et coll., 1978, Eur. J. Biochem., 92, 455-462 ; Schmidt A. et coll., 1979, Proc. Natl Acad. Sci. USA, 76, 4 788-4 792 ; Verhaegen-Lewalle M., 1982, Eur. J. Biochem., 126, 639-643), les noyaux non modifiés

30 sont rapidement dégradés. Au contraire, le noyau $(2'-5')(A)_n$ -PGro ou le noyau du dérivé $(2'-5')(A)_n$ porteur des deux fonctions alcool selon l'invention sont stables dans les mêmes conditions. Des résultats semblables ont été obtenus dans des extraits préparés à

35 partir de cellules non traitées avec l'interféron.

La figure 1 est relative à la stabilité du noyau

de $(2'-5')(A)_5$ non modifié comparée à celle du noyau $(2'-5')(A)_4$ PGro.

En abscisses, on a représenté le temps, exprimé en heures, et en ordonnées le pourcentage de noyaux 5 dégradés.

Les noyaux déphosphorylés de $(2'-5')(A)_5$ (représentés par des triangles sur la figure 1) et leurs dérivés 2'-O-phosphoglycéryle correspondants (noyau $(2'-5')(A)_4$ PGro) (représentés par des cercles sur la figure 1) sont incubés avec des extraits cellulaires HeLa complétés (droite en trait plein) ou non (droite en trait pointillé) par de l'ATP 1 mM et un système régénérateur d'ATP.

Les noyaux sont introduits à une concentration 15 initiale de 0,02 mM. On arrête les incubations aux temps indiqués par ébullition et les protéines dénaturées sont éliminées par centrifugation. Les noyaux résiduels du surnageant sont analysés par HPLC comme indiqué ci-dessus.

20 Activité antivirale des oligoadénylates $(2'-5')(A)_n$ et de leurs dérivés phosphoglycéryle

Pour tester l'activité biologique des composés chargés tels que les $(2'-5')(A)_n$ et de leurs analogues conformes à l'invention dans les cellules intactes, on a 25 recours à la micro-injection avec des micropipettes, étant donné qu'elle permet d'introduire des quantités déterminées de composés dans le cytoplasme, et sans perturber, de façon significative, le métabolisme cellulaire (Graessmann M. 1983, Methods Enzymol., 101, 30 482-492).

Le tableau 1 ci-après est relatif à l'activité antivirale de $(2'-5')(A)_5$ non modifié et de ses dérivés 2'-O-phosphoglycéryle selon l'invention.

TABLEAU 1

ACTIVITE ANTIVIRALE DES DERIVES 2'-O-PHOSPHOGLYCERYLE DES (2'-5')(A)_n
 DE L'INVENTION [(2'-5')(A)_n-PGro] COMPAREE A L'ACTIVITE DES OLIGO-
 ADENYLATES (2'-5')(A)_n NON MODIFIES

Essai n°	Composé testé	Concentration (µm)	Titre en virus (pfu/200 cellules)	% de témoin
1	-	-	$1,6 \times 10^3$	100,0
	(2'-5')(A) ₅	10	$1,5 \times 10^3$	93,7
	(2'-5')(A) ₄ PGro	10	$2,5 \times 10^1$	1,5
2	-	-	$1,6 \times 10^4$	100,0
	(2'-5')(A) ₄ PGro	10	$1,7 \times 10^2$	1,1
	(2'-5')(A) ₄ PGro	1,0	$2,5 \times 10^3$	15,6
	(2'-5')(A) ₄ PGro	0,1	$2,1 \times 10^4$	131

Les essais dont les résultats ont été rassemblés dans le tableau 1 ont été effectués comme suit.

Des cellules Hela qui croissent sur des morceaux de verre sont micro-injectées avec 0,5 nl à chacun des
5 (2'-5')(A)₅ ou des produits relatifs aux concentrations indiquées.

Une heure après, les cellules sont infestées avec du virus de stomatite vésiculaire (multiplicité de l'infection = 10) et le rendement du virus est déterminé
10 18 heures après, par essai de plaques dans des cellules L929.

Etant donné que 0,5 nl représente approximativement 1/10ème du volume cellulaire, on peut estimer que les concentrations intracytoplasmiques finales des oligomères soit environ un dixième des valeurs dans le tableau 1.

Comme le montre le tableau 1, le (2'-5')(A)₅ non modifié n'affecte pas la production de virus de stomatite vésiculaire lorsqu'il est microinjecté dans les cellules Hela à une concentration intracytoplasmique d'environ 1 µM.
20

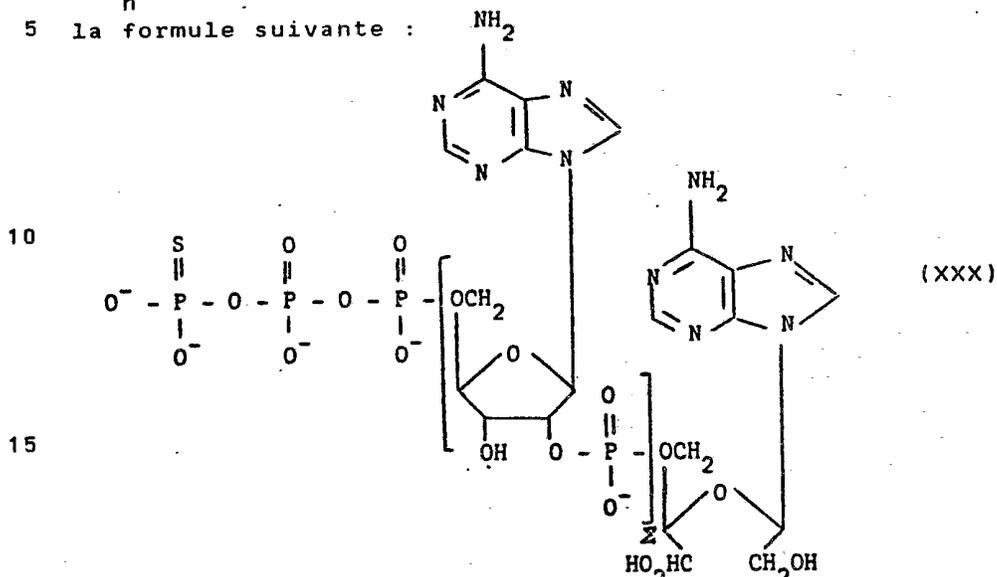
Au contraire, le (2'-5')(A)₄PGro réduit la croissance du virus d'environ 100 fois à la même concentration et est toujours actif à une concentration finale
25 de 100 nM.

Conclusion

Les modifications chimiques apportées sur les oligoadénylates 2'-5', conformément à l'invention, ont conduit à des dérivés qui sont toujours actifs vis-à-vis de l'endoribonucléase et qui sont stables vis-à-vis de la dégradation de la phosphodiesterase dans les extraits acellulaires, et présentent une activité biologique antivirale accrue dans les cellules.
30

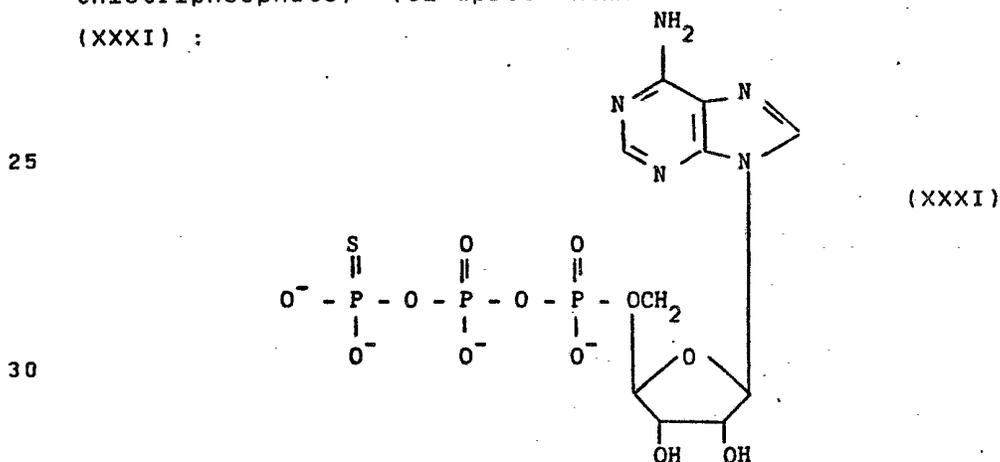
EXEMPLE 2Synthèse du $\Upsilon S-(2'-5')(A)_n$ Ox Red

On rappelle que l'on désigne par $\Upsilon S-(2'-5')-(A)_n$ Ox Red les composés qui peuvent être représentés par la formule suivante :

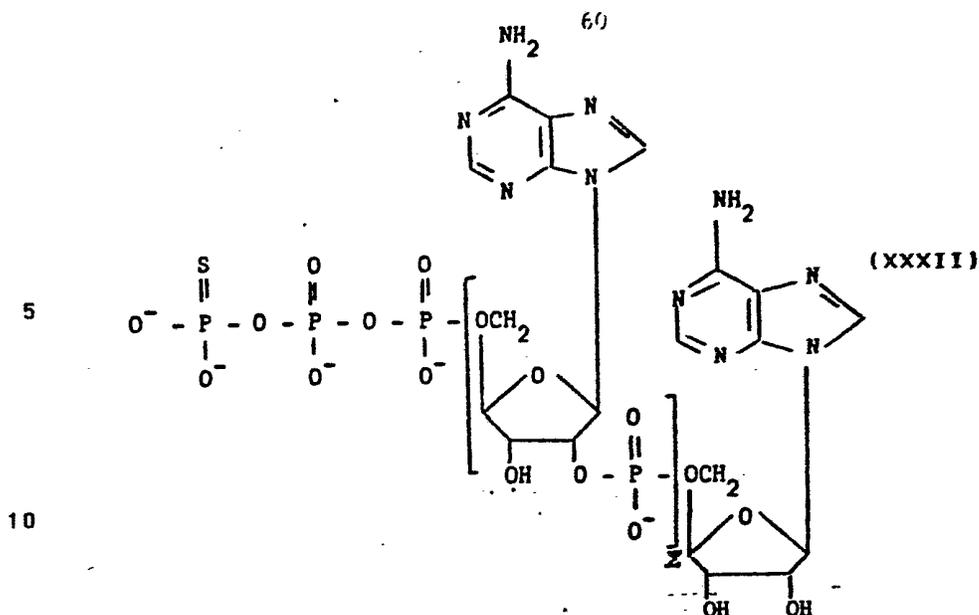


dans laquelle Σ est un nombre entier égal ou supérieur à 1.

20 Le produit de départ est l'adénosine 5'-O-(3-thiotriphosphate) (ci-après nommé ΥS ATP) de formule (XXXI) :

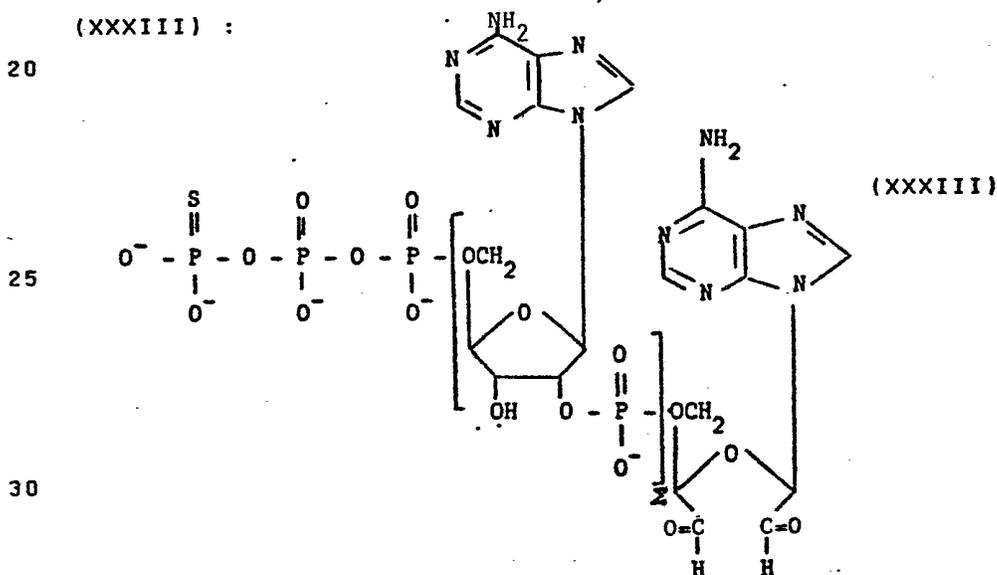


35 que l'on polymérise par exemple par voie enzymatique à l'aide d'une préparation partiellement purifiée de 2-5A synthétase, pour obtenir le composé de formule (XXXII), ci-après désignés par $\Upsilon S-(2'-5')(A)_n$:



dans laquelle Σ est un nombre entier égal ou supérieur à 1.

15 On purifie ensuite, par exemple, par chromatographie d'échange d'ions sur DEAE-trisacryl. On effectue une oxydation, par exemple par l'ion periodate, du glycol terminal, pour obtenir le composé de formule (XXXIII) :



dans laquelle Σ est un nombre entier égal ou supérieur à 1.

35 Puis on réduit les groupes aldéhyde, par exemple, par le borohydrure de sodium pour obtenir le $\Upsilon_{S-(2'-5')}(A)_n \text{ Ox Red.}$

On purifie ensuite, par exemple, par filtration moléculaire et on analyse sur chromatographie HPLC.

Stabilité métabolique

Les oligoadénylates γ S(2'-5')(A)_n conformes à
 5 l'invention et comportant un atome de soufre sur le phosphore en gamma du groupe triphosphate relié au carbone en 2' à la première unité oligonucléosidique et qui peuvent être obtenus comme indiqué ci-dessus et en particulier le S(2'-5')(A)_nOx Red ont une stabilité métabolique en système acellulaire supérieure à celle des
 10 dérivés protégés uniquement à leurs extrémités 3'OH.

Les figures 2 et 3 ci-après représentent les pourcentages de dégradation dans un extrait de cellules HeLa, respectivement du (2'-5')(A)₄ non modifié, du
 15 S-(2'-5')(A)₄Ox Red selon l'invention et du (2'-5')-(A)₄Ox Red selon l'invention.

La figure 2 est relative à un milieu contenant de l'ATP (1 mM) (très proches des conditions *in vivo*).

La figure 3 est relative à un milieu sans ATP.

20 On a représenté sur chacune des figures 2 et 3 en abscisses le temps (en heures) et en ordonnées le pourcentage de produits non dégradés.

Dans les figures 2 et 3, la courbe repérée par des triangles est relative au γ S(2'-5')(A)₄Ox Red, la
 25 courbe repérée par des points est relative au composé (2'-5')(A)₄Ox Red et la courbe repérée par des carrés est relative au composé (2'-5')(A)₄ non modifié.

Activité biologique

a) Liaison à l'endoribonucléase

30 Les différents analogues selon l'invention se lient à l'endoribonucléase avec une affinité quasi identique à celle classiquement utilisée dans ce domaine de "radiobinding" initialement décrit par Knight et coll., 1980.

35 b) Activité antivirale

Les différents composés ont été micro-injectés à

l'aide de micropipettes dans le cytoplasme de cellules HeLa. Comme le montrent les résultats indiqués dans le tableau 2 ci-après, le γ S-(2'-5')(A)_nOx Red présente une activité antivirale nettement supérieure à celle du composé (2'-5')(A)_n non modifié.

TABLEAU 2
 ACTIVITE ANTIVIRALE D'ANALOGUES DU (2'-5')(A)_n

Dérivé	Concentration	Titre en virus
1 -	-	4,0 x 10 ⁵
(2'-5')(A) _n	10 μM	1,2 x 10 ⁵ (N.S.)
2 -	-	3,3 x 10 ⁵
(2'-5')(A) _n Ox.Red	100 nM	2,6 x 10 ²
id.	10 nm	5,2 x 10 ³
3 -	-	3,8 x 10 ⁵
γS(2'-5')(A) _n	10 μM	3,3 x 10 ⁵ (N.S.)
id.	1 μM	2,4 x 10 ⁵ (N.S.)
4 -	-	2,3 x 10 ⁴
γS ATP	10 μM	1,3 x 10 ⁴ (N.S.)
5 -	-	3,8 x 10 ⁵
γS(2'-5')(A) _n Ox.Red	1 μM	< 10
id.	10 nM	< 10
id.	1 nm	< 10 ²
id.	10 pM	1,1 x 10 ²
id.	1 pM	2,5 x 10 ³
noyau		
γS(2'-5')(A) _n Ox.Red (1)	10 μM	6,2 x 10 ⁴

N. S. : Différence par rapport au témoin non significative

< 10 : Correspond à des cellules totalement protégées

(1) : Le même produit déphosphorylé par la phosphatase alcaline

Les essais, pour déterminer l'activité antivirale, sont effectués comme suit.

Des cellules HeLa (200 par point expérimental environ) attachées à un support de verre sont micro-injectées chacune par 5×10^{-10} ml de (2'-5')(A)_n ou d'un analogue de (2'-5')(A)_n aux concentrations indiquées.

Les cellules sont infectées une heure plus tard par le virus de la stomatite vésiculaire (multiplicité d'infection = 10) et la multiplication virale est déterminée 18 heures plus tard par un essai en plages de lyse sur des fibroblastes de souris L929. Comme 5×10^{-10} ml représentent environ 1/10ème du volume cellulaire, les concentrations intracellulaires finales en 2-5 A sont environ 1/10ème des valeurs indiquées dans ce tableau.

L'invention concerne également les sels que les oligonucléotides ci-dessus peuvent former avec les bases en particulier les bases minérales ou organiques. Parmi les sels de base minérale, on préfère les sels de sodium et de potassium. Parmi les sels organiques, on préfère les sels d'amine, d'alcoylamine et d'arylamine, en particulier ceux d'amines secondaires, tels que la diéthylamine, la pipérazine, ou d'amines tertiaires, tels que la méthylamine, la pyridine, la méthylpipérazine etc. Parmi tous ceux-ci, les sels physiologiquement acceptables sont préférés. Les sels peuvent être lyophilisés. Les composés selon l'invention ont des propriétés biologiquement intéressantes, en particulier des propriétés du type de l'interféron, et plus particulièrement une activité antivirale.

Les composés selon l'invention sont capables d'inhiber la synthèse de l'ADN, en particulier la replication dans les cellules et/ou de dégrader l'ARN viral, en empêchant ainsi la synthèse des protéines, plus particulièrement des protéines virales dans les cellules

infectées par le virus à des concentrations nanomolaires.

Les composés selon l'invention sont stables et résistent à la dégradation par les phosphodiesterases et le temps de résistance vis-à-vis des phosphatases est accru.

Une classe préférée de composés selon l'invention résistent à la dégradation par les phosphatases.

Les oligonucléotides selon l'invention sont donc des substituts appropriés de l'interféron et de ses applications connues. Ils peuvent être préparés reproductiblement sous forme hautement purifiée, comme réactifs biologiques, en particulier comme référence de comparaison dans les essais qualitatifs et quantitatifs, dans les cultures cellulaires, des composés de l'interféron ou d'autres substances semblables à l'interféron.

L'invention concerne également les sels pharmaceutiquement acceptables des oligonucléotides définis ci-dessus en particulier ceux appropriés pour l'administration in vivo.

L'invention concerne également les compositions pharmaceutiques associant les susdits oligonucléotides, de préférence sous la forme de sels pharmaceutiquement acceptables, avec un véhicule pharmaceutique.

L'invention fournit ainsi des compositions pharmaceutiques ayant une activité semblable à celle de l'interféron en utilisant un composé chimique déterminé sous forme de haute pureté, ne présentant pas de toxicité, étant stable et facile à manipuler.

La composition selon l'invention peut être sous forme de préparations administrables par voie orale ou rectale, en utilisant des solides ou des liquides appropriés pour un tel type d'administration ou sous forme de préparations injectables stériles contenant au moins l'un quelconque des nucléotides en association avec des véhicules liquides appropriés stériles, de préférence

isotoniques.

D'autres formes appropriées de préparations consistant en pommades dans lesquelles les oligonucléotides de l'invention sont associés avec des véhicules en pom-
5 made.

L'une quelconque des techniques de préparation classiquement utilisées pour associer l'interféron avec les supports pharmaceutiques peut être utilisée pour préparer les compositions pharmaceutiques selon l'in-
10 vention.

Les oligonucléotides selon l'invention peuvent être associés à d'autres vecteurs appropriés, tels que les liposomes.

Les compositions de l'invention ont des proprié-
15 tés antivirales et sont en particulier susceptibles d'inhiber les maladies virales susceptibles d'être suivies de troubles tumoraux, par exemple les maladies induites par les virus de l'hépatite B ou les différentes formes de virus de l'herpès.

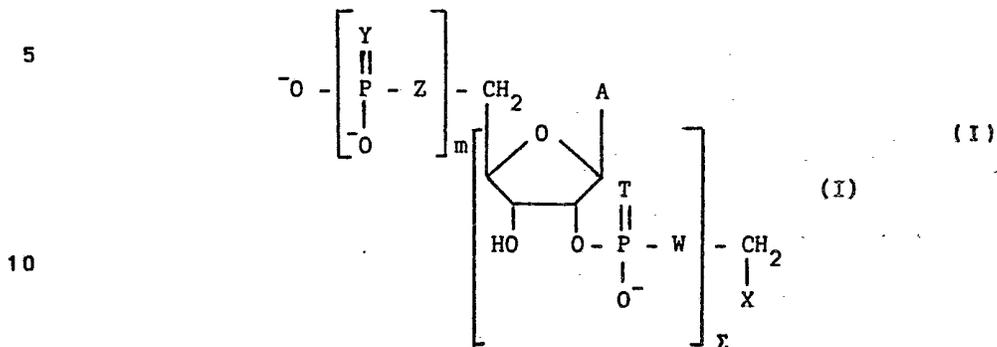
20 Plus généralement, les compositions de l'invention sont utiles pour le traitement et la prévention de maladies virales, et pour les traitements antitumoraux vis-à-vis des tumeurs susceptibles d'être également délimitées par les traitements à l'interféron.

25 On notera que les doses auxquelles les compositions sont utilisées sont déterminées selon la nature de la maladie qui afflige le patient et les conditions particulières de santé.

30 Les dosages appropriés sont déterminés par le médecin, comme la pratique l'exige dans ces domaines d'application.

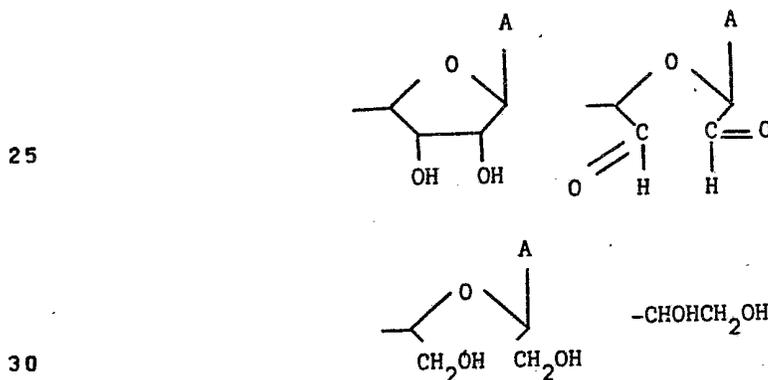
REVENDICATIONS

1. Oligonucléotides de formule générale (I) :



dans laquelle :

- Y et T sont identiques ou différents et représentent
- 15 O, S, Se, NH ;
- Z et W sont identiques ou différents et représentent
- O, S, NH ;
- l'un au moins des éléments Y et Z étant différent de
- l'oxygène ;
- 20 - X est choisi dans le groupe constitué par :



les fonctions alcools de ces radicaux étant éventuelle-

ment estérifiées par des acides carboxyliques R₃COOH, R₃

représentant un radical alcoyle de 1 à 5 atomes de car-

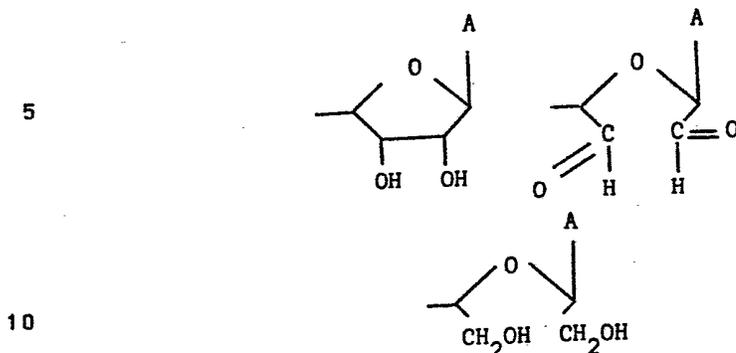
35 bone ou un groupe phényle ;

- Σ est un nombre entier égal à :

68

. n lorsque X représente $-\text{CHOHCH}_2\text{OH}$,

. n - 1 lorsque X représente :

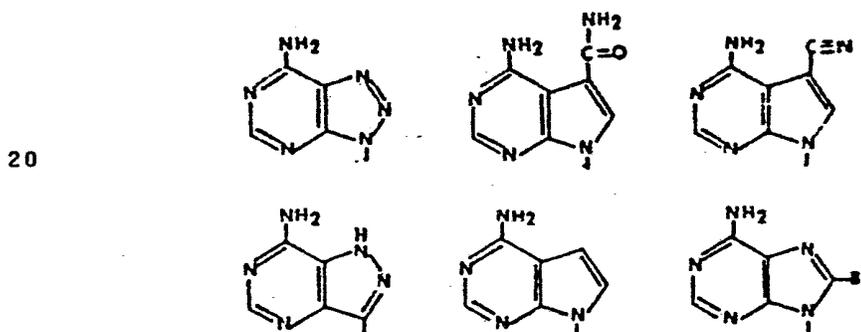


n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2 ;

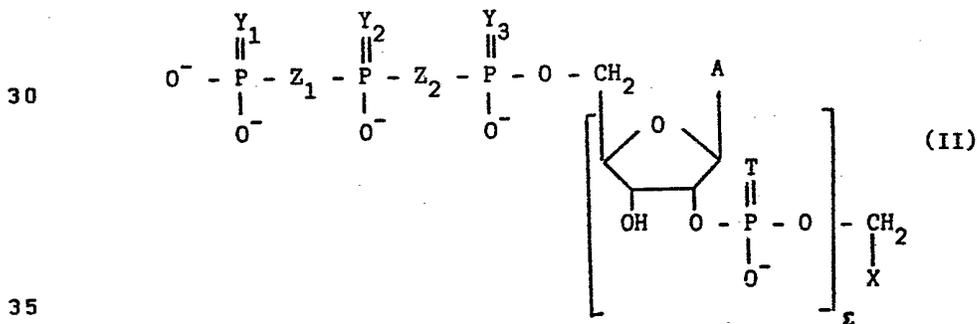
- m est un nombre entier supérieur ou égal à 1 ;

- A est une base choisie parmi l'adénine ou ses dérivés,

15 notamment ceux de formule :



2. Oligonucléotides selon la revendication 1 répondant à la formule générale (II) :



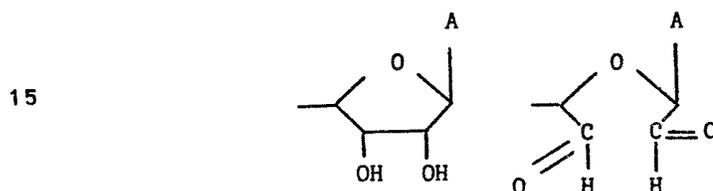
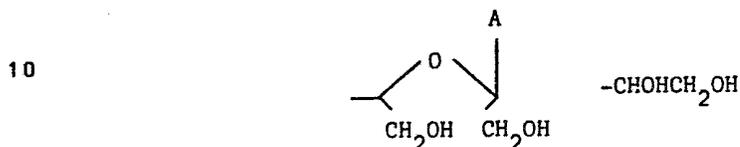
dans laquelle :

- Y_1, Y_2, Y_3, T sont identiques ou différents et représentent O, S, Se, NH ;

- Z_1 et Z_2 sont identiques ou différents et représentent
5 O, S, NH ;

l'un au moins des éléments Y_1, Y_2, Y_3, Z_1, Z_2 étant différent de l'oxygène ;

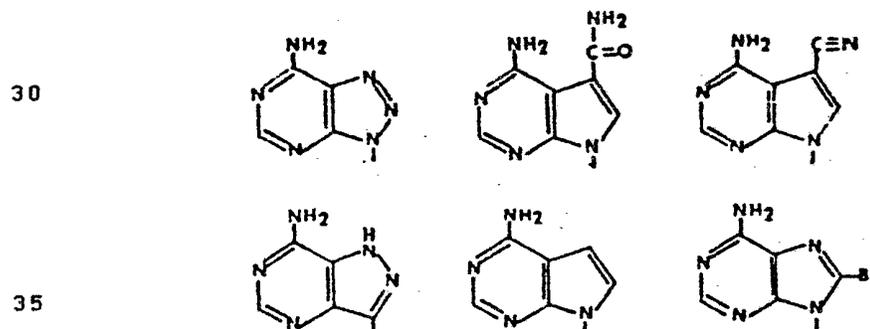
- X est choisi dans le groupe constitué par :

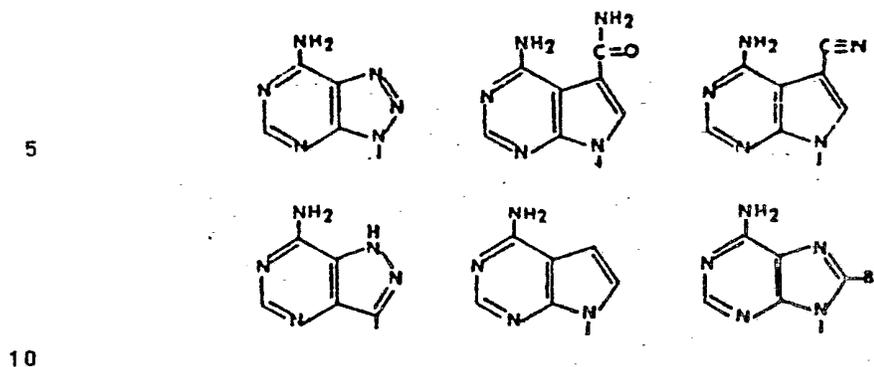


les fonctions alcools de ces radicaux étant éventuellement estérifiées par des acides carboxyliques $R_3\text{COOH}$, R_3
20 représentant un radical alcoyle de 1 à 5 atomes de carbone ou un groupe phényle ;

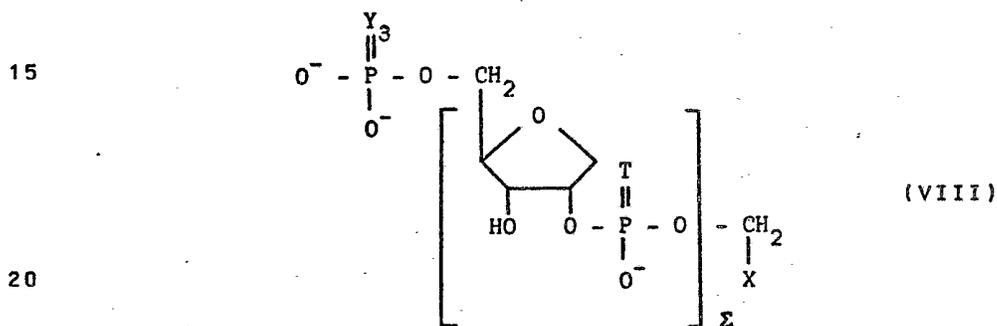
- Σ représente un nombre entier égal à n , lorsque X représente -CHOHCH₂OH, et Σ représente un nombre entier égal à $n - 1$ lorsque X est différent de -CHOHCH₂OH, n
25 étant un nombre entier supérieur ou égal à 2 ;

- A est une base choisie parmi l'adénine ou ses dérivés, notamment ceux de formule :



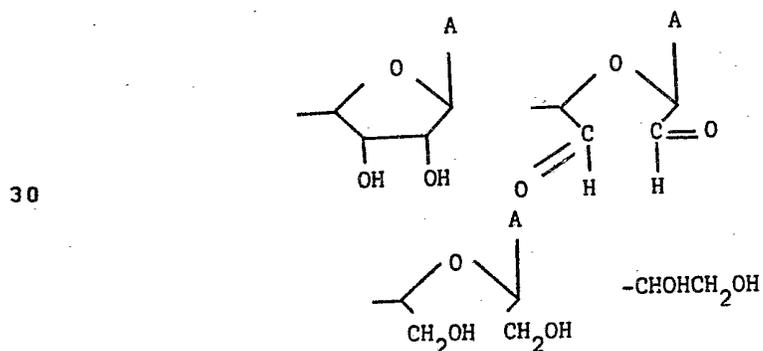


4. Oligonucléotides selon la revendication 1 de formule (VIII) :



dans laquelle :

- Y_3 représente S, Se, NH ;
- T représente O, S, Se, NH ;
- 25 - X est choisi dans le groupe constitué par :



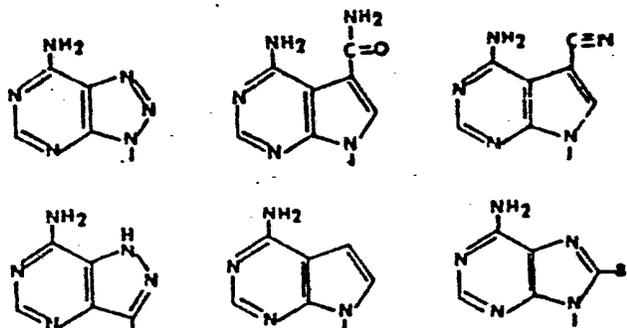
- 35 - Σ représente un nombre entier égal à n, lorsque X représente -CHOHCH₂OH et un nombre entier égal à n - 1

lorsque X est différent de $-\text{CHOHCH}_2\text{OH}$, n étant un nombre entier variant de 2 à 10 ;

- A est une base choisie parmi l'adénine ou ses dérivés, notamment ceux de formule :

5

10



15

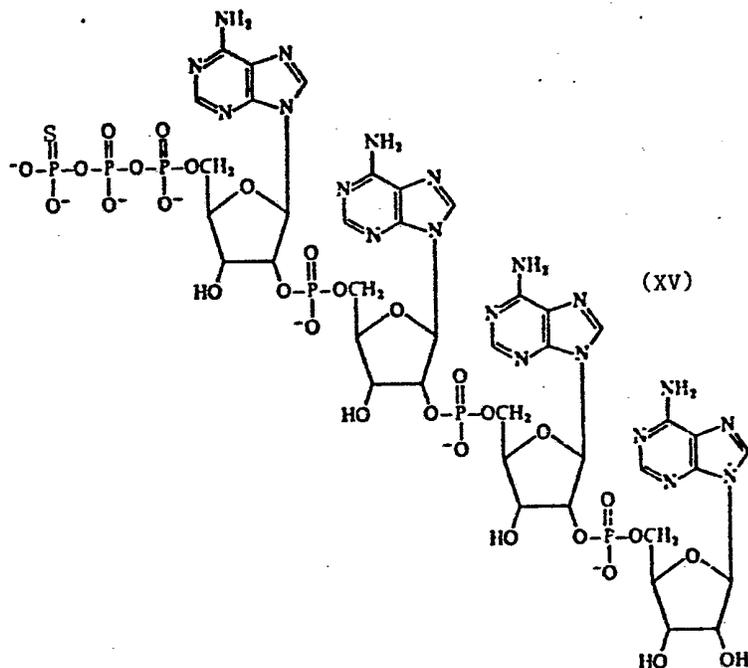
5. Oligonucléotides selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lesquels T représente l'oxygène.

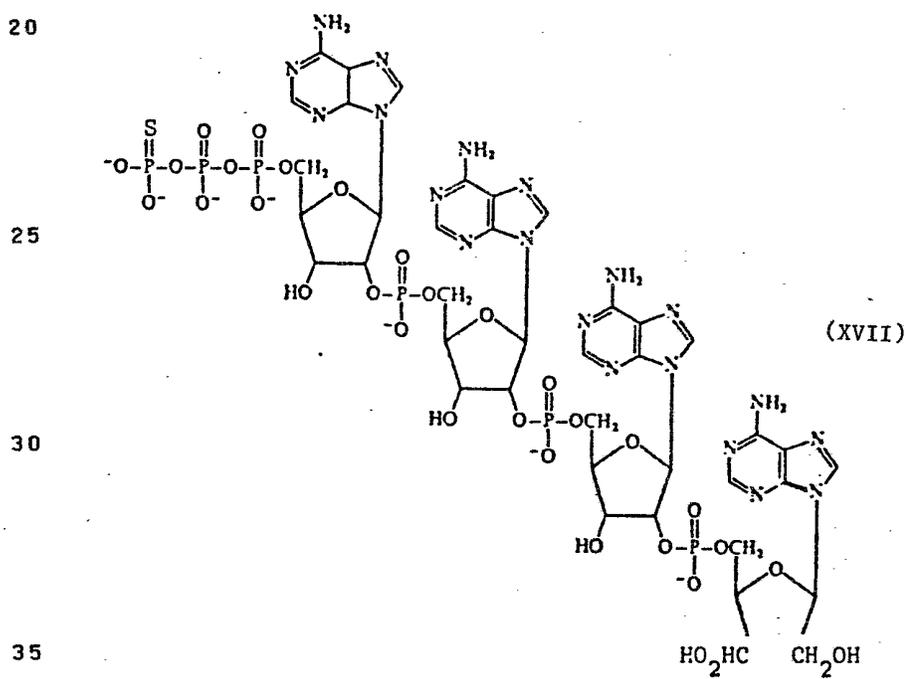
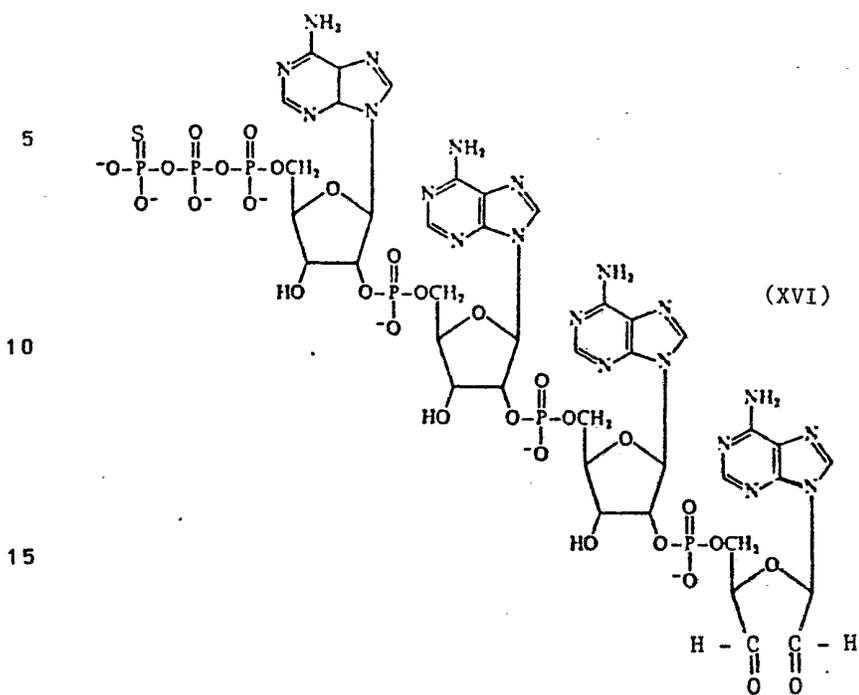
6. Oligonucléotides selon la revendication 1, de 20 formules :

25

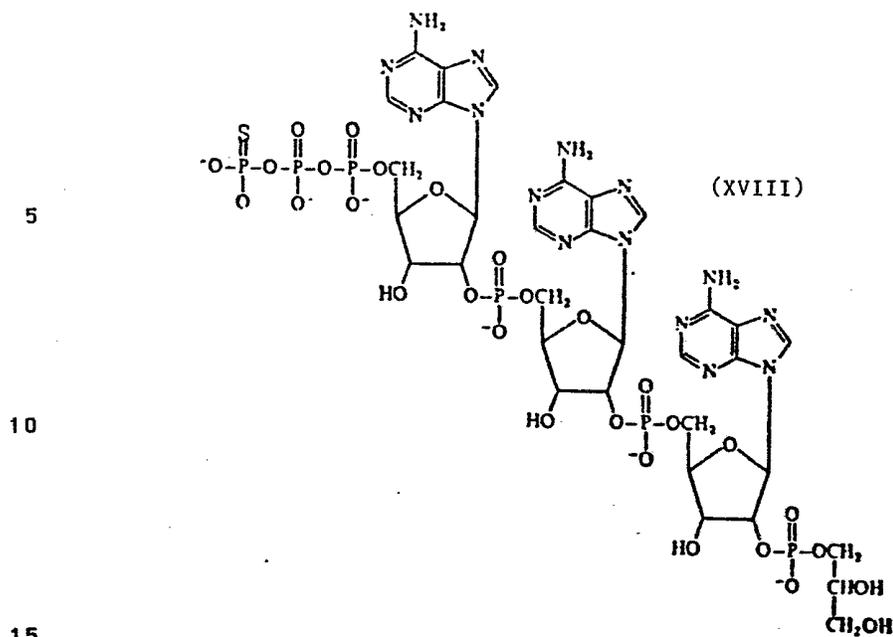
30

35

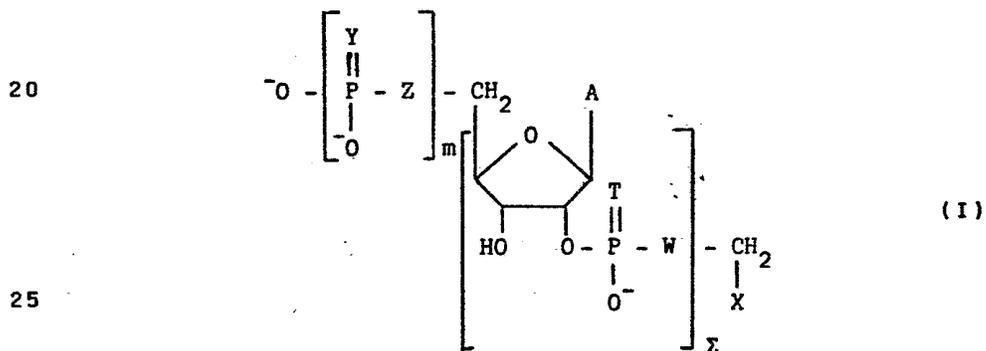




74



7. Procédé de préparation d'oligonucléotides de formule (I) selon la revendication 1 :

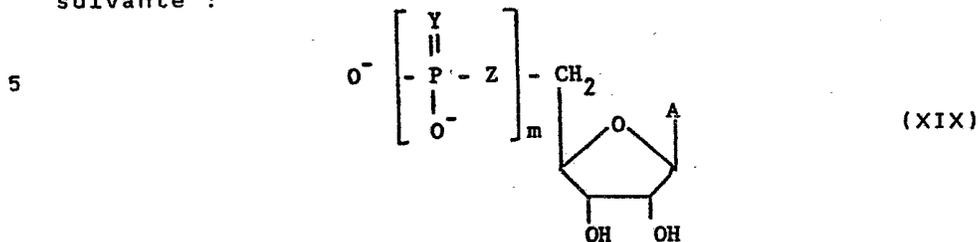


dans laquelle :

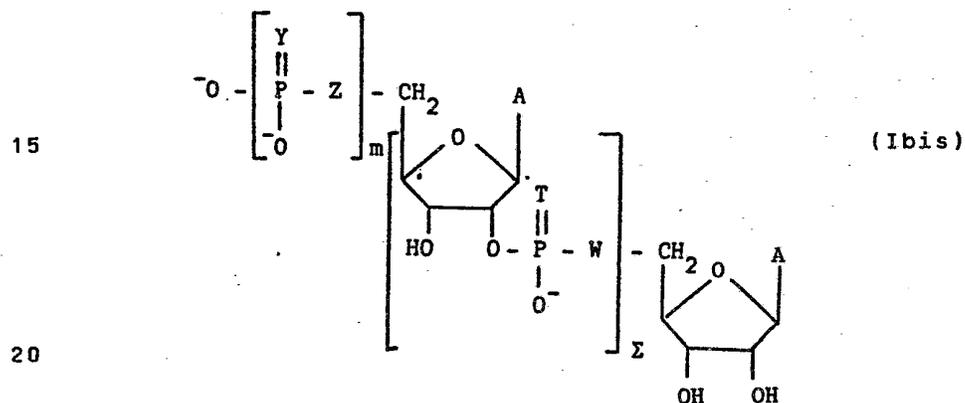
- 30 - Y et T sont identiques ou différents et représentent O, S, Se ou NH ;
- Z et W sont identiques ou différents et représentent O, S ou NH ;
- l'un au moins des éléments Y ou Z étant différent de l'oxygène ;
- 35 - m est supérieur ou égal à 3 ;
- A a les significations indiquées à la revendication 1,

caractérisé en ce qu'il comprend :

- la polymérisation de composés de formule (XIX) suivante :



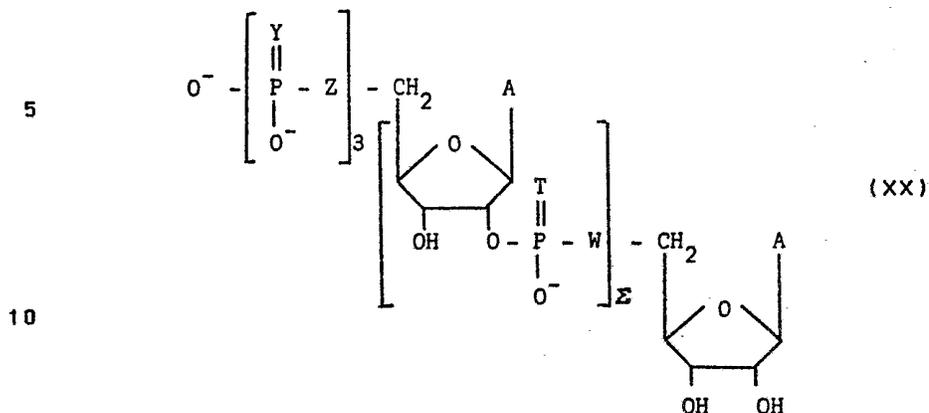
10 pour obtenir un composé de formule (Ibis) suivante :



dans laquelle :

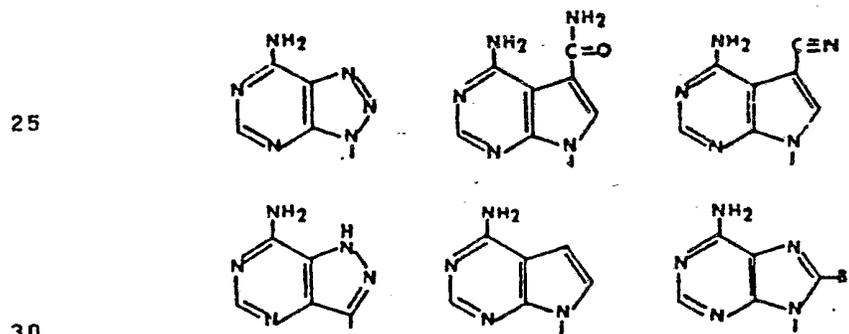
- Y et T, identiques ou différents, représentent O, S, Se ou NH ;
- 25 - Z et W, identiques ou différents, représentent O, S ou NH ;
- l'un au moins des éléments Y et Z étant de préférence différent de l'oxygène ;
- Σ est un nombre entier égal à n - 1, n étant supérieur
- 30 ou égal à 2 ;
- m est un nombre entier supérieur ou égal à 1 ;
- A a les significations indiquées ci-dessus ;
- et si nécessaire les étapes chimiques suivantes à savoir :
- 35 . l'oxydation éventuelle du groupe glycol pour introduire des fonctions aldéhyde sur les carbones en 2'

8. Procédé selon la revendication 7 de préparation d'oligonucléotides de formule (XX) :



dans laquelle :

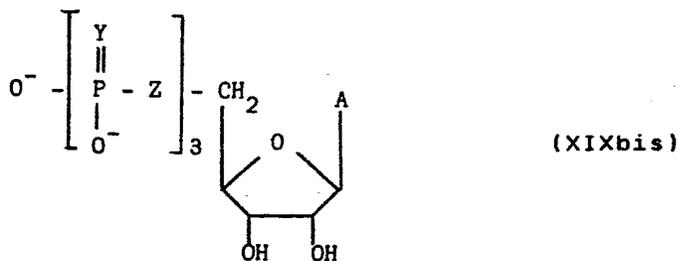
- Y et T, identiques ou différents, représentent O, S, Se, NH ;
- Z et W, identiques ou différents, représentent O, S, NH ;
- Y et Z ne représentent pas simultanément l'oxygène ;
- Σ est un nombre entier variant de 1 à 9 ;
- A est une base choisie parmi l'adénine ou ses dérivés, notamment ceux de formule :



caractérisé en ce qu'il comprend :

- 1° la polymérisation d'un composé de formule (XIXbis) suivante :

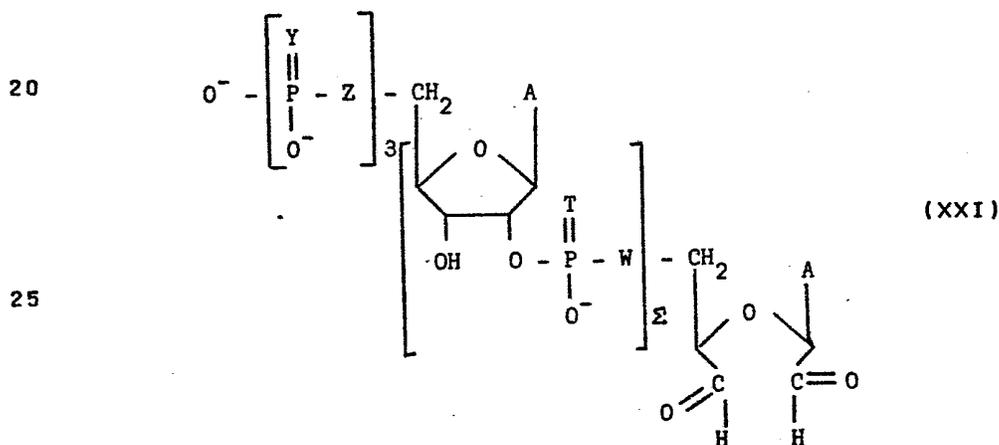
78



dans laquelle :

- Y représente O, S, Se ou NH ;
- 10 - Z représente O, S ou NH ;
- Y et Z ne représentent pas simultanément l'oxygène ;
- A a les significations indiquées à la revendication 1 ;

2° l'oxydation éventuelle du groupe glycol terminal, notamment par l'ion periodate pour transformer le glycol en deux fonctions aldéhyde et obtenir un composé de formule (XXI) suivante :



30 dans laquelle Y, Z, T, W, Σ et A ont les significations indiquées ci-dessus ;

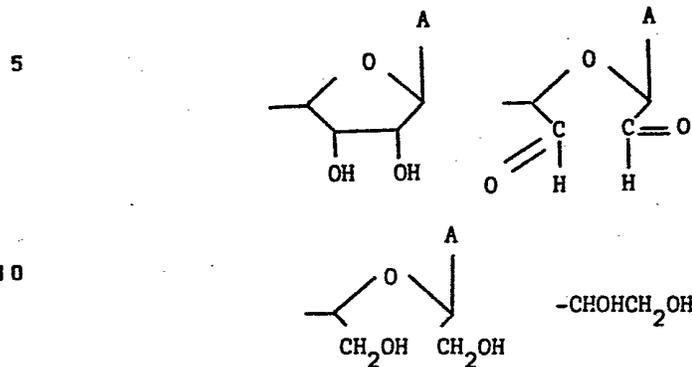
3° la réduction éventuelle des fonctions aldéhyde, notamment par le borohydrure de sodium pour transformer les deux susdites fonctions aldéhyde en fonctions alcool et obtenir le composé de formule (XXII) suivante :

35

dans laquelle :

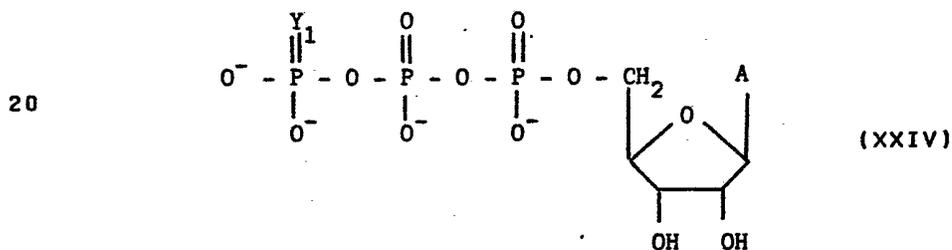
- Y_1 représente NH, Se, S ;

- X représente :



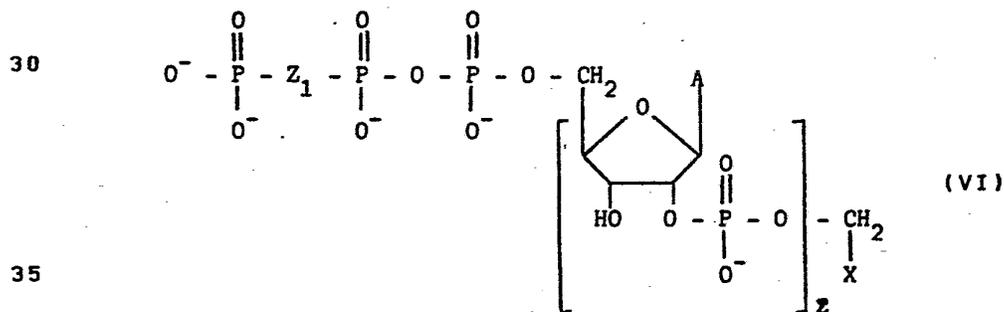
- Σ est un nombre entier égal à n, lorsque X représente -CHOHCH₂OH, n - 1 lorsque X est différent de -CHOHCH₂OH, n variant de 2 à 10 ;

est caractérisé en ce que l'on polymérise le composé de formule (XXIV) suivante :



25 et que l'on effectue les étapes 2°, 3° et 4° comme indiqué à la revendication 7.

10. Procédé selon la revendication 7 de préparation d'oligonucléotides de formule (VI) :

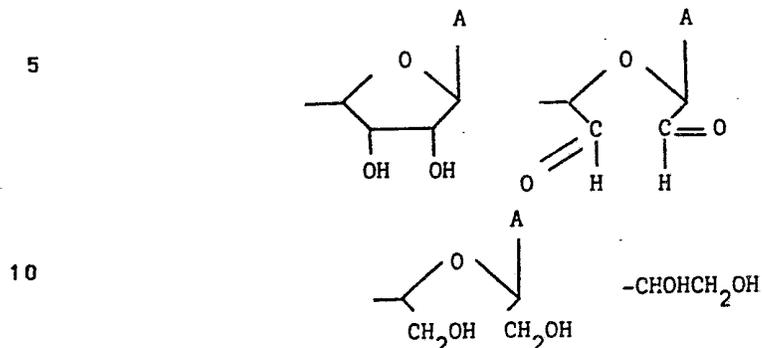


81

dans laquelle :

- Z_1 représente S ou NH ;

- X est choisi dans le groupe constitué par :



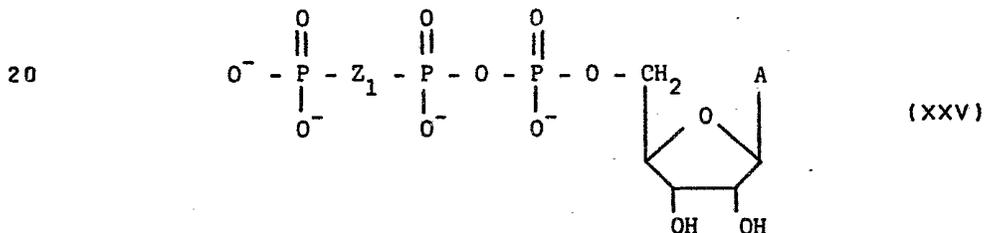
- Σ est un nombre entier égal à 1, lorsque X représente

-CHOHCH₂OH et égal à n - 1 lorsque X est différent de

15 -CHOHCH₂OH, n variant de 2 à 10 ;

caractérisé en ce qu'on polymérise le composé de formule

(XXV) suivante :



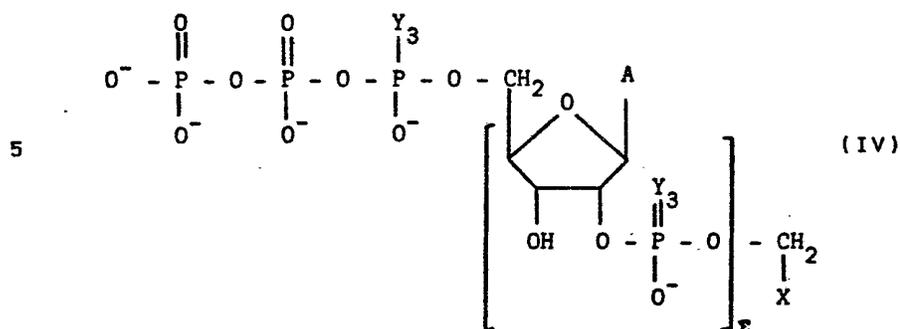
25 dans laquelle Z_1 représente S ou NH et A a la signifi-

cation indiquée à la revendication 1 ;

et que l'on effectue les étapes 2°, 3° et 4° comme indi-

qué à la revendication 7.

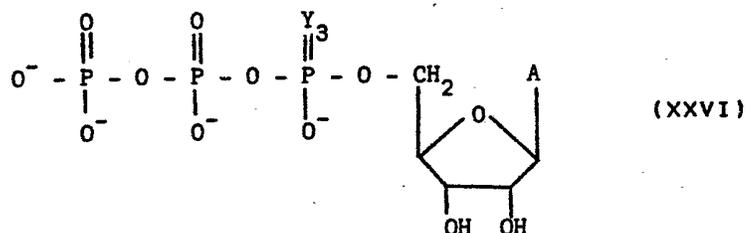
30 11. Procédé selon la revendication 7 de prépara-
tion d'oligonucléotides de formule (IV) :



10 dans laquelle :

- Y_3 représente NH, S ou Se ;
 - Σ , X et A ont les significations indiquées ci-dessus ;
- est caractérisé en ce qu'on polymérise le composé de formule (XXVI) suivante :

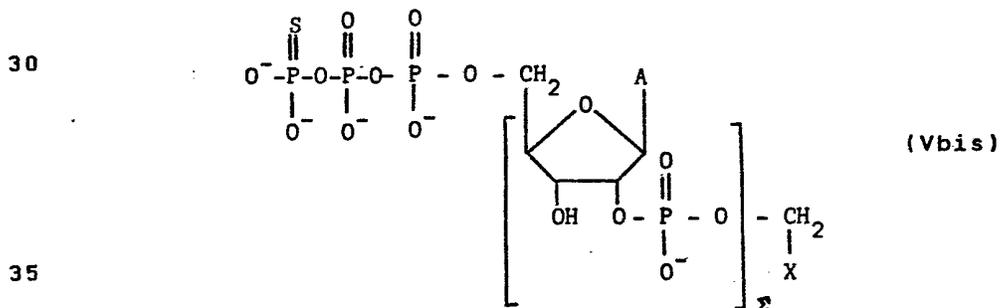
15



dans laquelle :

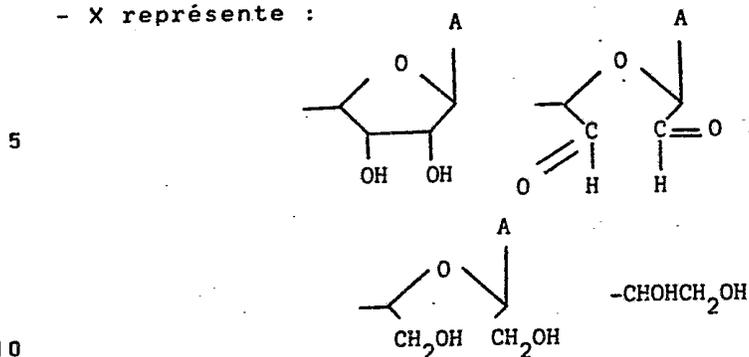
- Y_3 représente S, Se, NH ;
 - A a les significations indiquées ci-dessus ;
- 25 et que l'on effectue les étapes 2°, 3° et 4°, comme indiqué à la revendication 7.

12. Procédé selon la revendication 7 de préparation d'oligonucléotides de formule (Vbis) suivante :



dans laquelle :

- X représente :

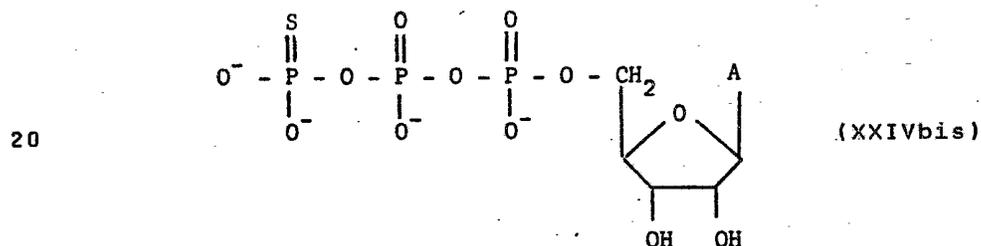


- Σ est un nombre entier égal à n lorsque X représente

-CHOHCH₂OH, n - 1 lorsque X est différent de -CHOHCH₂OH,

- A a les significations indiquées à la revendication 1, de préférence l'adénine ;

15 caractérisé en ce qu'on polymère le composé de formule (XXIVbis) suivante :

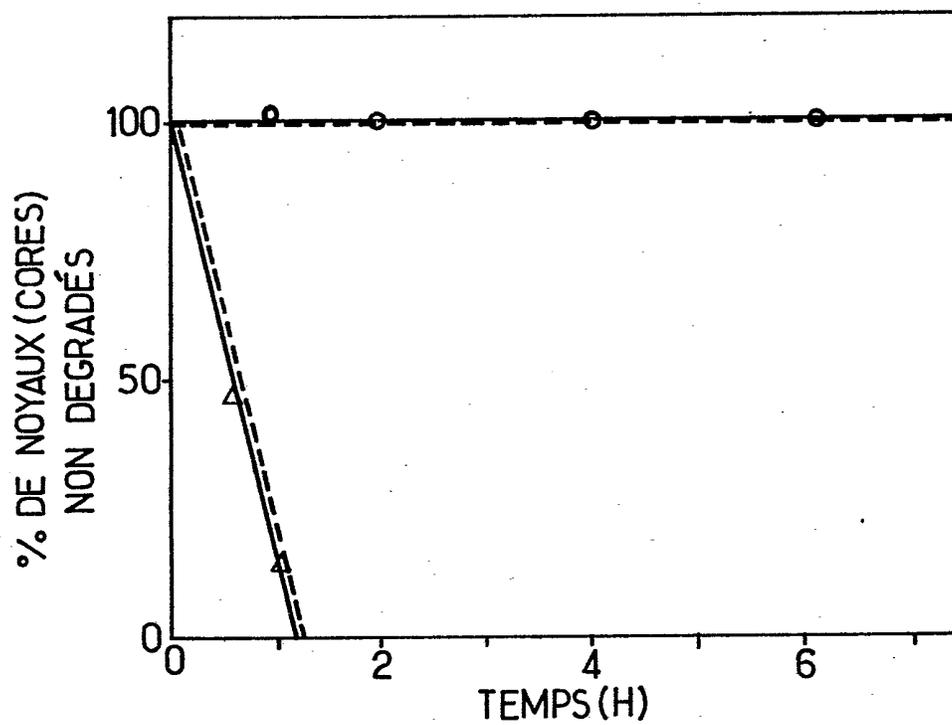


et que l'on effectue les étapes 2°, 3° et 4° comme indiqué à la revendication 7.

25

1/1

FIG.1.



2/2

FIG. 2.

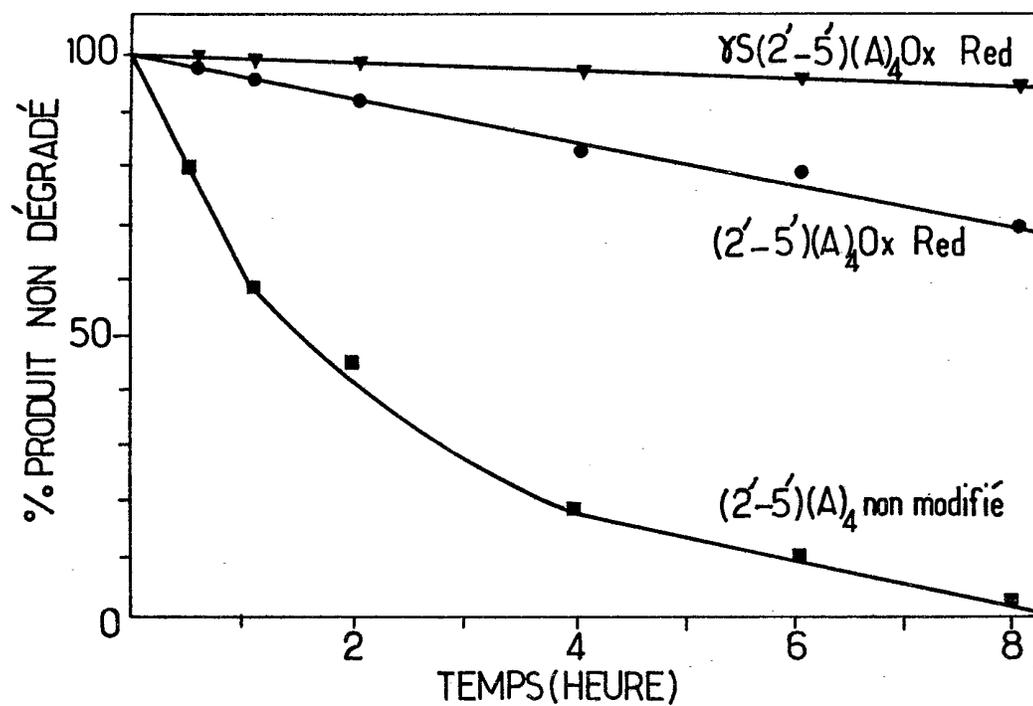


FIG. 3.

