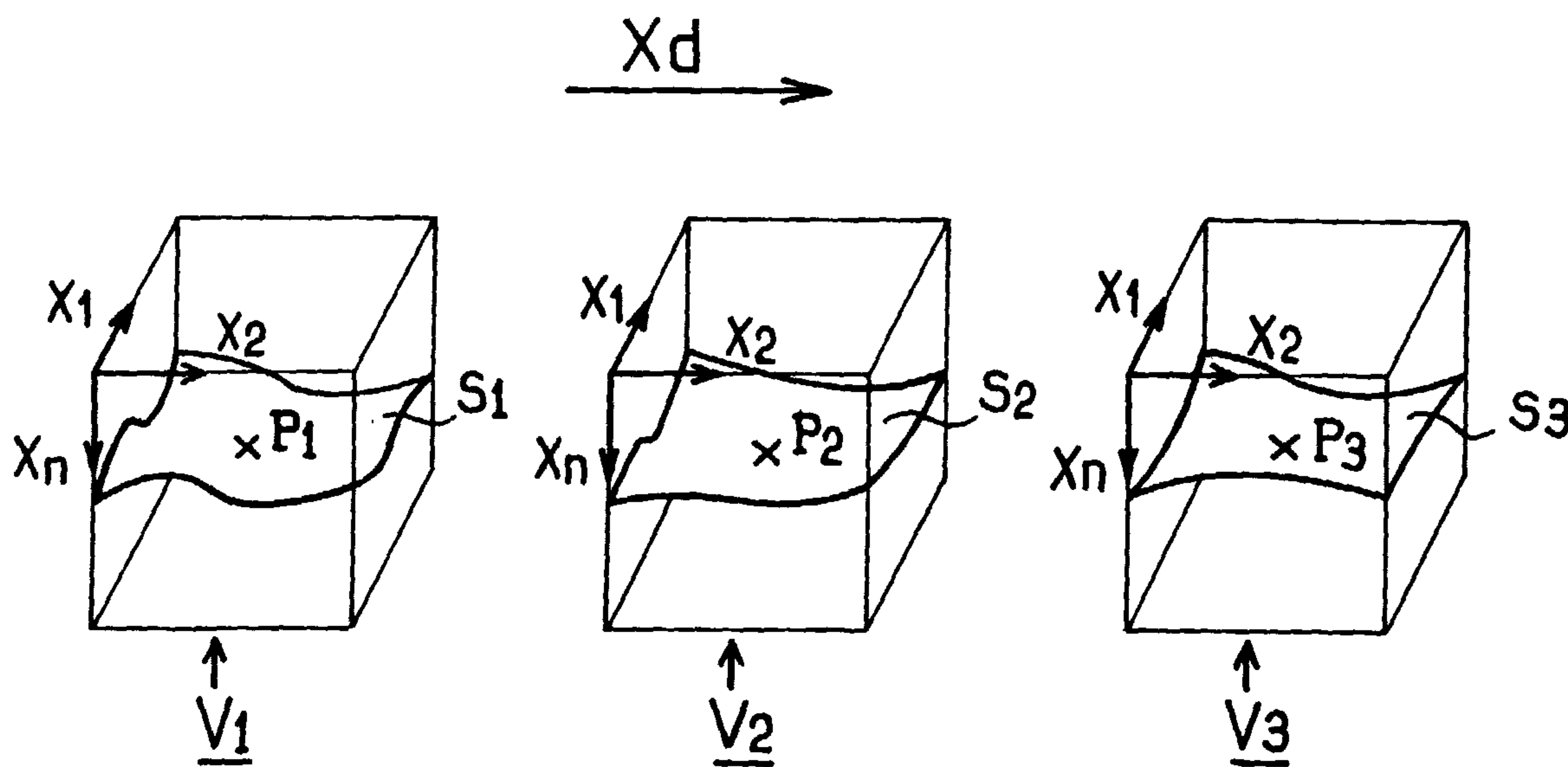




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2002/07/01
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2003/01/09
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2003/12/29
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2002/002278
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2003/003052
 (30) Priorité/Priority: 2001/06/29 (01/08703) FR

(51) Cl.Int.⁷/Int.Cl.⁷ G01V 1/28, G01V 1/30
 (71) Demandeur/Applicant:
COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE, FR
 (72) Inventeurs/Inventors:
TALAALOUT, ABDELKRIM, FR;
DOLEDEC, DOMINIQUE, FR
 (74) Agent: OGILVY RENAULT

(54) Titre : PERFECTIONNEMENTS AUX TECHNIQUES DE POINTE DE SURFACE
 (54) Title: IMPROVEMENTS TO SURFACE POINTING TECHNIQUES



(57) Abrégé/Abstract:

Procédé de traitement de données sismiques, caractérisé en ce qu'en vue de leur analyse en fonction d'au moins quatre dimensions, on met en oeuvre un pointé et/ou une propagation de pointé sur au moins un sous-ensemble de ces données qui correspond à une collection ces données échantillonnées selon trois ou deux dimensions, la ou les grandeurs qui correspondent à la ou aux autres dimensions étant alors de valeurs fixes, puis on applique à au moins un des points mis en évidence par ce pointé et/ou cette propagation de pointés une loi de projection donnée afin de déterminer un point qui lui correspond dans un autre sous-ensemble correspondant à une collection de données échantillonnées selon les mêmes dimensions, pour une valeur différente d'au moins une grandeur qui correspond à au moins une autre dimension.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
9 janvier 2003 (09.01.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/003052 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ : G01V 1/28,
1/30(71) Dépositant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
PAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE [FR/FR];
1, rue Léon-Migaux, F-91300 Massy (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR02/02278

(72) Inventeurs; et

(22) Date de dépôt international : 1 juillet 2002 (01.07.2002)

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : TA-
LAALOUT, Abdelkrim [FR/FR]; 27, rue de la Gare,
Bât. 1, porte 4, Appart. 201, F-94230 Cachan (FR).
DOLEDEC, Dominique [FR/FR]; 26, avenue de la
Providence, F-92160 Antony (FR).

(25) Langue de dépôt : français

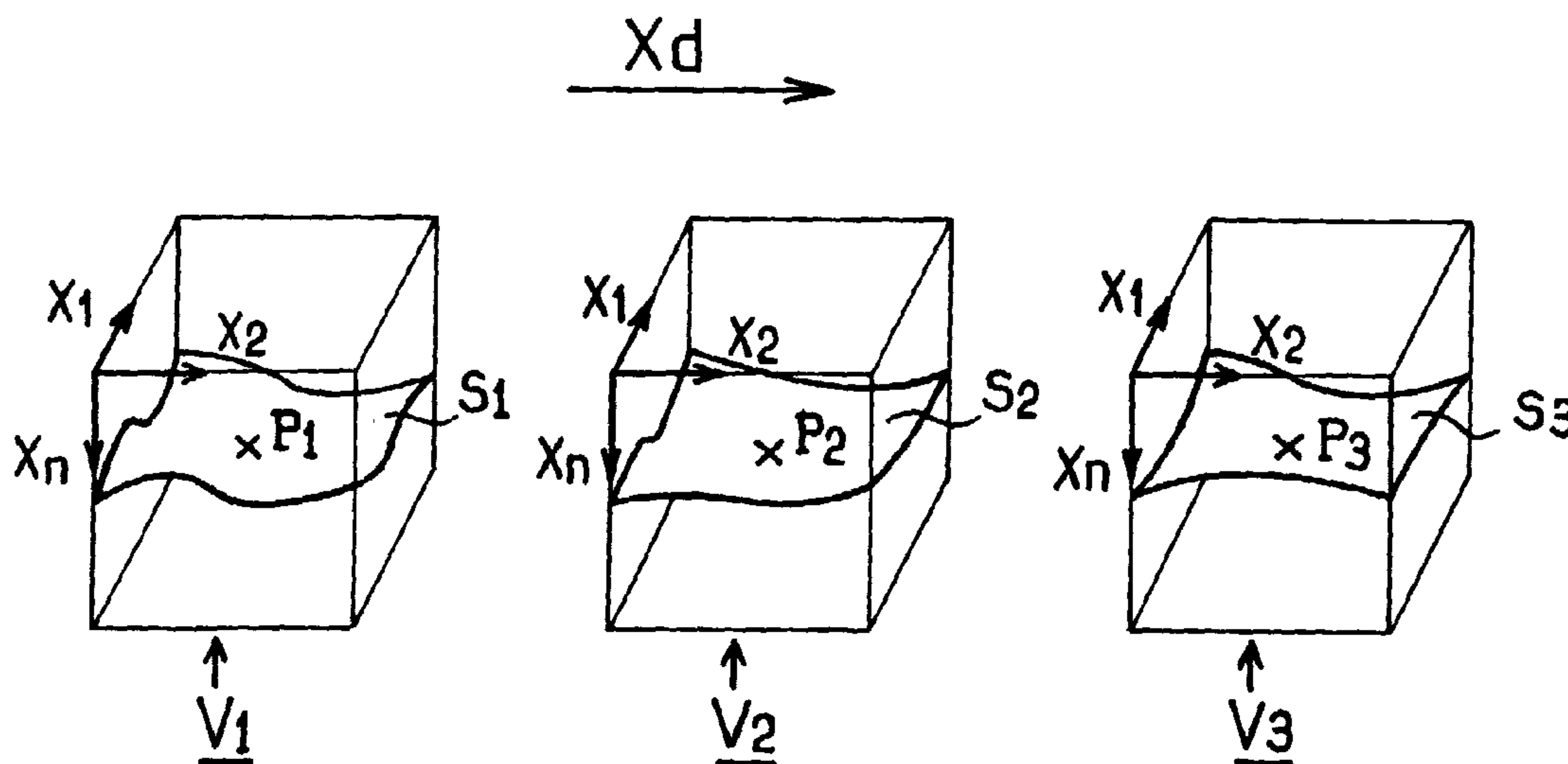
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
01/08703 29 juin 2001 (29.06.2001) FR(74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet
Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17
(FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: IMPROVEMENTS TO SURFACE POINTING TECHNIQUES

(54) Titre : PERFECTIONNEMENTS AUX TECHNIQUES DE POINTE DE SURFACE



(57) **Abstract:** The invention concerns a method for processing seismic data. The invention is characterised in that so as to prepare them for analysis based on at least four dimensions, it consists in: using a pointing and/or a pointing propagation on at least a subset of said data corresponding to a collection of data sampled in three or two dimensions, the quantity/quantities corresponding to the other dimension(s) being then fixed values, then in applying to at least one of the points highlighted by this pointing and/or pointing propagation a given projection law so as to determine a point which corresponds thereto in another subset corresponding to a collection of data sampled in the same dimensions, for a different value of at least one quantity corresponding to at least another dimension.

(57) **Abrégé :** Procédé de traitement de données sismiques, caractérisé en ce qu'en vue de leur analyse en fonction d'au moins quatre dimensions, on met en oeuvre un pointé et/ou une propagation de pointé sur au moins un sous-ensemble de ces données qui correspond à une collection ces données échantillonnées selon trois ou deux dimensions, la ou les grandeurs qui correspondent à la ou aux autres dimensions étant alors de valeurs

[Suite sur la page suivante]

WO 03/003052 A1



(81) **États désignés (national)** : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés (régional)** : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*
— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

fixes, puis on applique à au moins un des points mis en évidence par ce pointé et/ou cette propagation de pointés une loi de projection donnée afin de déterminer un point qui lui correspond dans un autre sous-ensemble correspondant à une collection de données échantillonnées selon les mêmes dimensions, pour une valeur différente d'au moins une grandeur qui correspond à au moins une autre dimension.

PERFECTIONNEMENTS AUX TECHNIQUES DE POINTE DE SURFACE

La présente invention concerne des perfectionnements aux techniques de pointé de surfaces utilisées en traitement sismique.

5 Dans le domaine des sciences de la terre, pour imager la structure du sous-sol, le géophysicien utilise les techniques de « sismique réflexion ».

Celles-ci consistent à émettre à la surface du sol des signaux acoustiques et à les enregistrer après leurs réflexions successives aux limites des couches géologiques.

10 Ces couches constituent le sous-sol dont on cherche à créer un modèle géométrique.

Pour ce faire, l'un des procédés le plus couramment utilisé, notamment dans la recherche de gisements pétroliers est le procédé « d'acquisition 3D ».

15 Celui-ci consiste à répartir des émetteurs et des récepteurs dans un plan horizontal en surface le long d'une grille de coordonnées X, Y.

Le résultat d'un tel procédé est une image tridimensionnelle du sous-sol organisée sous la forme d'enregistrements échantillonnés en fonction du temps ou de la profondeur, noté Z.

20 Chacun de ces enregistrements, appelé « trace », est un représentatif de la verticale à l'aplomb d'un point P_{ij} de coordonnées X_i, Y_j .

Une telle acquisition tridimensionnelle permet d'obtenir un volume dont les dimensions sont deux axes géométriques X, Y et un axe des temps ou de profondeur d'acquisition Z.

25 Outre ces trois dimensions spatiales (X, Y et axe vertical Z), bien d'autres grandeurs ont un intérêt pour le physicien, et notamment :

- La distance source/récepteur ou l'angle d'incidence qui a servi à générer le volume. Jusqu'à il y a peu cette distance (déport) était le plus souvent ramené à 0, les volumes étaient obtenus par sommation de contributions à distance constante de façon à augmenter le rapport signal/bruit. La sommation partielle par classes de déport ou d'angle permet désormais au géophysicien de faire des analyses par classe de distance ou d'angle.

30

- Le temps. Plusieurs acquisitions sismiques peuvent être effectuées successivement dans le temps avec un même réseau de récepteurs /émetteurs ; la comparaison des données acquises permet, par exemple, de comprendre l'évolution d'un régime de fluide dans le cas d'une exploitation de réservoir.

- Le type d'ondes sismiques. Les capteurs peuvent enregistrer simultanément les ondes de compression (ondes P) et les ondes de cisaillement (ondes S) ; le rapport entre les temps d'arrivée de ces deux types d'ondes est un lien direct avec la nature du milieu où les ondes se propagent.

- La vitesse. La migration temps ou profondeur consiste à déplacer les points du volume d'acquisition en tenant compte d'un champ de vitesse. La vitesse utilisée dans ce processus peut être perturbée et constituer une dimension d'analyse complémentaire. Par exemple, pour mettre à jour un modèle de vitesse, la demanderesse a proposé une approche consistant à distribuer de manière régulière les facteurs de perturbation sur un modèle de vitesse, et de s'intéresser pour une position X, Y, à la valeur de l'échantillon associé à un même réflecteur dans chacun des cubes migrés.

- etc.

La prise en compte de ces autres grandeurs est fondamentale dans nombre de domaines des géo-sciences, de l'analyse de vitesse à la caractérisation de réservoir.

Elle est aujourd'hui accessible grâce à l'augmentation de la puissance de calcul informatique et des capacités de stockage ; il reste à disposer des outils d'analyse et d'interprétation adaptés à cette nouvelle orientation.

Aujourd'hui, lorsque l'on prend en compte avec les outils existants une grandeur en plus des trois dimensions spatiales dans lesquelles les volumes sismiques sont généralement représentés, l'interprétation des données se ramène à la somme des interprétations réalisées de façon indépendantes sur chacun des volumes sismiques 3D obtenus pour différentes valeurs de ladite grandeur.

Le document WO 99/67660 décrit un procédé permettant de suivre les évolutions du sous-sol. Ce procédé consiste à déterminer un champ de déplacement permettant de passer d'un volume échantillonné de données sismiques mesurées à un temps T_0 à un champ de données sismiques mesurées à un temps T ultérieur. Le champ de déplacement ainsi déterminé est appliqué au premier volume sismique de manière à obtenir une image du sous-sol.

Les informations que l'on peut retirer d'un tel mode d'interprétation sont nécessairement limitées.

10 L'invention propose quant à elle une contribution efficace et originale à la résolution de ce problème.

Une technique classiquement utilisée pour l'analyse de volumes sismiques 3D est celle du pointé de surface, dont un exemple est donné dans le brevet FR 2 657 695. Ce document concerne un procédé de pointé de surface dans un volume tridimensionnel selon lequel on transforme un volume représentant les valeurs d'un paramètre échantillonné en une image à deux dimensions en utilisant une courbe de Peano-Hilbert et on applique un programme de pointé automatique à l'image 2D obtenue.

Lorsque l'on prend en compte une grandeur supplémentaire en plus des dimensions spatiales qui constituent les volumes 3D (X, Y et axe vertical) et que l'on fait varier ladite grandeur, une difficulté tient en ce que la nature et la forme du réflecteur à interpréter peut changer d'un volume à l'autre le long de la dimension que constitue ladite grandeur.

La cohérence entre les différents volumes 3D n'est pas forcément inscrite dans l'échantillon cartographié, ce qui conduit à des problèmes de choix quant aux événements interprétés par le géophysicien. Cela peut entraîner des discontinuités et des aberrations dans le pointé de la surface.

L'invention permet de pallier ces insuffisances.

Elle permet des interprétations prenant en compte l'ensemble des paramètres à analyser et tenant compte des lois qui les caractérisent.

30 L'outil qu'elle propose permet en outre de valider la cohérence des analyses réalisées par rapport aux lois géophysiques dont dépendent les grandeurs que l'on prend en compte.

A cet effet, il est proposé un procédé de traitement de données sismiques, selon la revendication 1.

Selon ce procédé, en vue de leur analyse en fonction d'au moins quatre dimensions, on met en œuvre un pointé et/ou une propagation de pointé sur au moins un sous-ensemble de ces données qui correspond à une collection de ces données échantillonnées selon trois ou deux dimensions, la ou les grandeurs qui correspondent à la ou aux autres dimensions étant alors de valeurs fixes, puis on applique à au moins un des points mis en évidence par ce pointé et/ou cette propagation de pointés une loi de projection donnée afin de déterminer un point qui lui correspond dans un autre sous-ensemble correspondant à une collection de données échantillonnées selon les mêmes dimensions, pour une valeur différente d'au moins une grandeur qui correspond à au moins une autre dimension.

Par loi de projection, on entend une loi destinée à relier les points d'un des sous-ensembles à ceux d'un autre, cette loi étant fonction des modifications que l'on apporte à la ou aux grandeurs correspondant aux dimensions autres que celles dans lesquelles lesdits sous-ensembles sont représentés.

Des exemples de loi de projection sont donnés plus loin de façon détaillée.

Avantageusement, on met en œuvre une propagation de pointé à partir d'au moins un point projeté dans un tel autre sous-ensemble.

Notamment, de façon préférée, on met en œuvre une succession d'alternance de propagations de pointés et de projections.

De façon avantageuse également, on applique à au moins un des points déterminé par propagation de pointé dans un tel autre sous-ensemble une loi de projection inverse afin de déterminer un point qui lui correspond dans au moins un sous-ensemble à partir duquel on a mis en œuvre une projection.

Egalement, on met préférentiellement on met en œuvre sur un point projeté un test de cohérence pour le valider.

En particulier, on affiche une cartographie des points pointés et/ou projetés et/ou déterminés par propagation de pointés dans les différents sous-ensembles considérés.

5 Une grandeur que l'on fait varier pour définir une autre dimension est avantageusement un déport source/récepteur et/ou un angle d'incidence et/ou un temps d'acquisition et/ou un type d'ondes sismiques et/ou une vitesse de migration et/ou un paramètre prenant en compte au moins l'un de ces paramètres.

10 De façon particulièrement préférée, le nombre de dimensions prises en compte est supérieur à quatre.

L'invention concerne également un procédé de détermination cartographique sur des données sismiques, caractérisé en ce qu'on met en œuvre le procédé précité pour déterminer une cartographie selon au moins quatre dimensions.

15 Avantageusement notamment, on détermine à partir d'un point projeté et/ou pointé et/ou déterminé par propagation de pointés un voisinage de points comportant en plus des points dans un voisinage prédéterminé dudit point dans le sous-ensemble de dimensions deux ou trois auquel ledit point appartient, un ou des points projetés à partir dudit point dans d'autres sous-ensembles et en ce qu'on détermine sur 20 l'ensemble des points de ce voisinage celui de ces points qui optimise un critère donné.

Autrement formulé, il est proposé un un procédé d'interprétation des données sismiques dans une espace de dimension supérieure à trois, les 25 trois premières dimensions étant avantageusement, mais non limitativement, les dimensions spatiales (X,Y et axe vertical).

Une caractéristique de ce procédé est d'alterner des phases de propagation, c'est à dire de cartographie des surfaces dans l'espace 3D (X,Y et axe vertical par exemple) et des phases de projection durant 30 lesquelles on cherche à déplacer l'échantillon suivant une autre dimension, toutes choses égales

Par ailleurs. une fois trouvé dans l'espace à N dimensions une position acceptable pour l'échantillon -- c'est à dire remplissant un ensemble

de critères de validation eu égard à l'échantillon d'origine --, la propagation dans l'espace des dimensions spatiale peut reprendre, les (N-3) dimensions restantes étant de nouveau figées.

L'ensemble des échantillons validés durant ces alternances de phases de propagation et de projection est cartographié au fur et à mesure que progresse l'algorithme de cartographie de l'hyper-surface dans l'espace à N dimensions.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 est une représentation d'un volume tridimensionnel dans lequel on a pointé différentes traces sismiques obtenues,
- la figure 2 représente des volumes tridimensionnels v_1 , v_2 , et v_3 correspondant à différentes valeurs d'un paramètre X_d ,
- la figure 3 illustre un exemple de guide de pointé de surface,
- les figures 4 et 5 illustrent des exemples de propagation de pointé dans trois volumes tridimensionnels v_1 , v_2 , v_3 ,
- les figures 6 à 8 illustrent des exemples de guides de pointé de surface.

On se place dans la suite du texte dans l'hypothèse où un ensemble de traces sismiques a été acquis à l'occasion d'une ou plusieurs campagnes d'enregistrement, par exemple d'enregistrement 3D.

Ces enregistrements sont traités pour être exploités sous forme de données (par exemple, mais non nécessairement les valeurs d'amplitudes des ondes enregistrées) dépendant d'un nombre « n » de paramètres qui peut être bien supérieur à 3.

Ces paramètres sont appelés x_1 , x_2 , x_n dans la suite du texte. Ils peuvent correspondre aux dimensions géométriques X, Y, Z (position et profondeur ou temps) et/ou à toutes les autres grandeurs que l'on souhaite prendre en compte pour analyser les enregistrements dont on dispose : distance source/récepteur, angle d'incidence, temps entre acquisition, type d'onde, incrément de modèle de vitesse, etc.

Dans une première étape on choisit trois de ces paramètres (x_1 , x_2 ... x_n par exemple) pour définir trois dimensions d'un sous espace

tridimensionnel sur lequel il est possible de réaliser une cartographie 3D classique, si les autres paramètres sont fixés.

Les données que l'on considère sont en général des collections de données sismiques 3D générées chacune pour une valeur donnée d'un ou
5 plusieurs autres paramètres, que l'on fait varier pour définir des dimensions supplémentaires.

Pour chaque volume 3D ainsi obtenu, il est possible de réaliser des cartographies, par exemple par pointé de surfaces.

La figure 1 illustre un exemple de pointé de surface (surface S_1)
10 réalisé sur un tel volume V_1 .

Par ailleurs, on définit également une ou plusieurs relations dites de projection ou de « guides de pointé de surface » destinées à relier les points d'un de ces volumes à ceux d'un autre, en fonction des modifications que l'on apporte aux paramètres autres que ceux ($x_1, x_2 \dots x_n$) qui correspondent
15 aux dimensions dans lesquelles ces volumes sont représentés, pour passer de l'un à l'autre de ces deux volumes.

Ces guides de pointé peuvent être déterminés de différentes façons et notamment outre en fonction des valeurs des échantillons considérés, en fonction également de descriptions dynamiques ou cinématiques de
20 l'évolution des volumes dans les directions correspondant aux paramètres modifiés.

Les guides de pointé peuvent également être des lois que l'on se donne de façon empirique.

Les figures 2 et 3 illustrent un exemple de ce que peut être un guide
25 de pointé.

V_1, v_2 et v_3 correspondent à trois volumes 3D donnant des collections d'échantillons en fonction des trois mêmes paramètres $x_1, x_2 \dots x_n$ pour trois valeurs différentes d'un autre paramètre X_d (le terme « valeur » étant ici à comprendre de façon large, X_d pouvant tout aussi bien
30 correspondre à un paramètre quantifiable, qu'à un paramètre exprimant une condition, autre qu'une condition quantifiée (type d'ondes ondes P, ondes S, etc.)).

S_1 étant une surface pointée autour du point P_1 dans le volume V_1 , un guide de pointé de surfaces est par exemple une courbe (Π sur la figure 3) qui dans le plan (P, X_d, X_1) permet d'associer à un point P_1 d'un pointé de surface dans le volume v_1 des points P_2 et P_3 qui dans les volumes v_2 et v_3 décrivent théoriquement le même événement, pour les mêmes valeurs de X_1, X_2 .

Considérons une surface S associée au volume de dimension n . Elle est définie par :

$$\forall (i_1, \dots, i_{n-1}) \in [1, \dots, N_1] \times \dots \times [1, \dots, N_{n-1}]$$

$$i_n = \begin{cases} S(i_1, \dots, i_{n-1}) \\ \text{ou} \\ U_d \text{ si le point n'existe pas ou n'est pas défini} \end{cases}$$

10

Soit $P(i_1, \dots, i_n)$ un point de la surface S et d une direction autre que celles formant le prédéfini volume 3D.

Un guide de pointé de surfaces associé à P dans une direction d est une application Π_P^d qui permet de déterminer une partie des points appartenant à S se trouvant au voisinage de P dans le plan défini par (P, X_d, X_n) .

Si on sait définir l'application Π pour un point P dans une direction d , on sait étendre la surface S à partir de P dans cette direction. On augmente ainsi la dimension du voisinage, dans le procédé de propagation, par le nombre de direction, autres que celles formant le prédéfini volume 3D, où une application Π peut être définie.

L'application Π décrit une courbe représentant la projection de l'image décrite par S dans le plan (P, X_d, X_n) . La courbe est définie par des segments reliant les extrema corrélant de S d'une colonne à l'autre dans le plan (P, X_d, X_n) . Notons R l'application reliant deux points voisins de S par un segment. On applique alors la relation inverse R^{-1} de façon à transformer le segment en éléments de surface élémentaire.

L'application Π permet ainsi de passer d'un volume 3D à un autre, pour pointer dans un volume puis dans un autre des événements en correspondance eu égard aux critères de propagation sélectionnés.

30

Des tests de cohérence sont avantageusement prévus pour valider les points que l'on retient dans les volumes dans lesquels on se projette à l'aide du guide Π : calcul de semblance et/ou de cross-corrélation par exemple.

5 On comprend que la technique qui vient d'être décrite permet successivement de mettre en œuvre un pointé de surface dans un premier volume, de passer dans un deuxième volume par un guide de pointé, puis de reprendre un pointé de surface dans ce deuxième.

10 En multipliant ce type de combinaisons, on augmente considérablement le nombre de cheminements possibles à partir d'un échantillon pointé, pour parvenir à la cartographie complète de l'événement sur l'ensemble de l'espace.

15 La figure 4 illustre en ce sens, dans le cas d'une analyse prenant en compte 4 dimensions, des combinaisons de pointés de surfaces 2D ou 3D classiques (petites flèches sur les grilles) avec des guides de propagation permettant de passer d'un volume 3D à un autre.

Dans cet exemple, on a illustré un cas où l'on prend en couple quatre paramètres, l'un de ces paramètres étant celui que l'on fait varier pour passer d'un volume à un autre.

20 Il est bien entendu possible de prendre en compte un nombre de paramètres beaucoup plus important et de faire varier plusieurs paramètres. Il est également possible de changer les paramètres qui définissent les dimensions des volumes 3D dans lesquels les techniques classiques de pointé de surface sont mises en œuvre.

25 Comme l'illustre la figure 5, les techniques proposées sont par exemple utilisées pour contourner une discontinuité (référéncée par D) empêchant de poursuivre un pointé de surface dans un volume.

30 Ainsi, dans l'exemple illustré sur ladite figure 5, le pointé de surface est réalisé dans un volume de dimension X_1, X_2, X_4 . Une discontinuité D empêche de réaliser ce pointé de surface sur l'ensemble de ce volume. On projette alors un ou plusieurs points mis en évidence par le pointé de surface dans un ou plusieurs autres volumes correspondant à une ou plusieurs autres valeurs pour un quatrième paramètre (en l'occurrence X_3).

Dans chacun de ces autres volumes, il est possible de mettre en œuvre à nouveau des pointés de surfaces classiques, et ainsi de contourner la faille pour à partir d'un point mis en évidence par un de ces pointés de surface poursuivi dans un de ces autres volumes, revenir dans le
5 premier volume par une projection inverse (point \tilde{P}_2 et \tilde{P}_1).

On donne ci-après quelques exemples de guides de pointés de surfaces possibles.

Exemple 1.

On considère des sismiques tridimensionnelles corrigées au départ,
10 X_1 et X_2 étant des dimensions correspondant au paramètre de position en surface, X_3 correspondant au paramètre de départ, X_4 correspondant au temps corrigé. Un guide de pointé de surface dans la direction X_3 peut être :

$$\Pi_p^3(j) = Adj(i_4)$$

où Adj est la fonction d'ajustement au signal sur la trace courante d'un point
15 de la surface et où i_4 est une valeur échantillonnée selon la direction X_4 .

Exemple 2.

On considère le volume sismique représenté selon deux directions X_1, X_2 correspondant au paramètre de position au sol, issu d'une acquisition dont la distance source/récepteur est échantillonnée régulièrement avec un
20 pas Δ_3 . X_3 représente la distance de départ, X_4 le temps, échantillonné avec un pas Δ_4 .

On dispose pour le réflecteur à cartographier d'une carte de vitesse $V(i_1, i_2)$, vitesse de propagation de l'onde au point (i_1, i_2, i_4) du sous-sol. Si on note Adj la fonction d'ajustement du signal sur la trace courante d'un
25 point de la surface, l'utilisation de la loi de Dix permet de définir, pour un point $P(i_1, i_2, i_3, i_4)$ de la surface, un guide de propagation dans la direction X_3 des offsets par la fonction (représentée à la figure 6)

$$\Pi_p^3(j) = Adj \left(\sqrt{(i_4)^2 \times (\Delta_4)^2 + \frac{(j^2 - (i_3)^2) \times (\Delta_3)^2}{V(i_1, i_2)^2}} \right)$$

Ici, le guide de pointé de surfaces dépend de la vitesse moyenne
30 dans le sous-sol, qui est un paramètre externe au volume que l'on cherche

à imager. Ce paramètre apporte une information de description dans la direction X_3 .

Exemple 3.

5 Dans le cadre de la mise à jour d'un modèle de vitesse par la méthode de balayage ou « scan » de vitesse, on fait varier la vitesse initiale d'un facteur de perturbation α . Après les différentes migrations profondeur, on obtient n volumes sismiques échantillonnés suivant la direction X_3 correspondant au facteur de perturbation $i_3=\alpha$. La perturbation de vitesse
10 étant linéaire, on peut considérer en première approximation que pour une position X_1, X_2 , la profondeur X_4 de l'échantillon associé à un réflecteur évolue de manière linéaire d'un volume sismique à l'autre, dans la direction X_3 . Le guide de pointé de surface est donc défini comme une fonction linéaire (représentée à la figure 7 du type

$$15 \quad \Pi_p^3(j) = Adj \left(\left(i_4 + \frac{j - i_3}{i_3} \right) \times \Delta_3 \right)$$

où Δ_3 est le pas d'échantillonnage selon la direction X_3 .

Au fur et à mesure que l'on projette les pointés d'un volume sismique à l'autre et que l'on valide les pointés obtenus, on corrige le guide de pointé pour qu'il soit cohérents avec les pointés obtenus. Par exemple,
20 chaque nouveau pointé dans un volume tridimensionnel constitue un nouveau point du guide Π . Par interpolation ou par régression, on peut modifier le guide de pointé Π pour qu'il corresponde aux points obtenus. Ceci peut permettre dans certains cas, de créer de façon incrémentale le guide de pointé ou d'en déduire certaines variables externes au volume V
25 quantifiables analytiquement et apportant une information descriptive des relations entre les points de surface dans une ou plusieurs des directions.

Comme on l'aura compris, la technique proposée permet de prendre en compte des méthodes de propagation 2D et 3D existantes et de les étendre à des « volumes » de dimensions 4 ou supérieure.

30 On augmente ainsi le nombre de chemins d'extension possibles notamment pour les pointés de surface.

On notera que les relations de projection ou guides de pointés peuvent dépendre aussi bien d'informations décrivant la dynamique ou la cinématique de l'environnement sismique que d'informations empiriques obtenues à partir des échantillons de l'acquisition ou d'informations
5 externes.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de traitement de données sismiques, caractérisé en ce qu'en vue de leur analyse en fonction d'au moins quatre dimensions, on met
5 en œuvre un pointé et/ou une propagation de pointé sur au moins un sous-ensemble de ces données qui correspond à une collection de ces données échantillonnées selon trois ou deux dimensions, la ou les grandeurs qui correspondent à la ou aux autres dimensions étant alors de valeurs fixes, puis on applique à au moins un des points mis en évidence par ce pointé
10 et/ou cette propagation de pointés une loi de projection donnée afin de déterminer un point qui lui correspond dans un autre sous-ensemble correspondant à une collection de données échantillonnées selon les mêmes dimensions, pour une valeur différente d'au moins une grandeur qui correspond à au moins une autre dimension.

15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on met en œuvre une propagation de pointé à partir d'au moins un point projeté dans un tel autre sous-ensemble.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on met en œuvre une succession d'alternance de propagations de
20 pointés et de projections.

4. Procédé selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce qu'on applique à au moins un des points déterminé par propagation de pointé dans un tel autre sous-ensemble une loi de projection inverse afin de
25 déterminer un point qui lui correspond dans au moins un sous-ensemble à partir duquel on a mis en œuvre une projection.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on met en œuvre sur un point projeté un test de cohérence pour le valider.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé
30 en ce qu'on affiche une cartographie des points pointés et/ou projetés et/ou déterminés par propagation de pointés dans les différents sous-ensembles considérés.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un paramètre modifié d'un sous-ensemble à un autre est un déport source/récepteur et/ou un angle d'incidence et/ou un temps d'acquisition et/ou un type d'ondes sismiques et/ou une vitesse de migration et/ou un paramètre prenant en compte au moins l'un de ces paramètres.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le nombre de dimensions prises en compte est supérieur à quatre.

9. Procédé de détermination cartographique sur des données sismiques, caractérisé en ce qu'on met en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes pour déterminer une cartographie selon au moins quatre dimensions.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'on détermine à partir d'un point projeté et/ou pointé et/ou déterminé par propagation de pointés un voisinage de points comportant en plus des points dans un voisinage prédéterminé dudit point dans le sous-ensemble de dimensions deux ou trois auquel ledit point appartient, un ou des points projetés à partir dudit point dans d'autres sous-ensembles et en ce qu'on détermine sur l'ensemble des points de ce voisinage celui de ces points qui optimise un critère donné.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que dans le cas de données sismiques tridimensionnelles corrigées au déport, les dimensions prises en compte comprennent deux dimensions correspondant aux paramètres de position en surface (X_1 , X_2), une dimension (X_3) correspondant au paramètre de déport, une dimension (X_4) correspondant au temps corrigé et en ce qu'une loi de propagation selon la direction la direction correspondant au paramètre de déport (X_3) est :

$$\Pi_p^3(j) = Adj(i_4)$$

où Adj est la fonction d'ajustement au signal sur la trace courante d'un point de la surface et où i_4 est une valeur échantillonnée selon la dimension (X_4) correspondant au temps corrigé.

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les dimensions prises en compte comprennent deux dimensions correspondant aux paramètres de position en surface (X_1 , X_2), une dimension (X_3) correspondant au paramètre de départ, une dimension (X_4) correspondant au temps, et en ce que les données étant issues d'une acquisition avec une distance source/récepteur échantillonnée régulièrement avec un pas Δ_3 , et un temps échantillonné avec un pas Δ_4 , la loi de projection dans la direction du départ est

$$\Pi_p^3(j) = Adj \left(\sqrt{(i_4)^2 \times (\Delta_4)^2 + \frac{(j^2 - (i_3)^2) \times (\Delta_3)^2}{V(i_1, i_2)^2}} \right)$$

10 ou $V(i_1, i_2)$ est une vitesse de propagation de l'onde dont on dispose au point (i_1, i_2, i_4) du sous-sol, où Adj est la fonction d'ajustement du signal sur la trace courante d'un point de la surface.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que pour mettre à jour un modèle de vitesse par un balayage de vitesse, on fait varier la vitesse initiale d'un facteur de perturbation (α) et en ce que après les différentes migrations profondeur, on obtient n volumes sismiques échantillonnés suivant une dimension (X_3) correspondant au facteur de perturbation,

20 en ce que d'autres dimensions prises en compte comprennent deux dimensions correspondant aux paramètres de position en surface (X_1, X_2) et une dimension (X_4) correspondant à la profondeur de l'échantillon,

et en ce qu'une loi de propagation selon la dimension correspondant au facteur de propagation est du type:

$$\Pi_p^3(j) = Adj \left(\left(i_4 + \frac{j - i_3}{i_3} \right) \times \Delta_3 \right)$$

25 où Δ_3 est le pas d'échantillonnage selon cette dimension et

où Adj est la fonction d'ajustement du signal sur la trace courante d'un point de la surface.

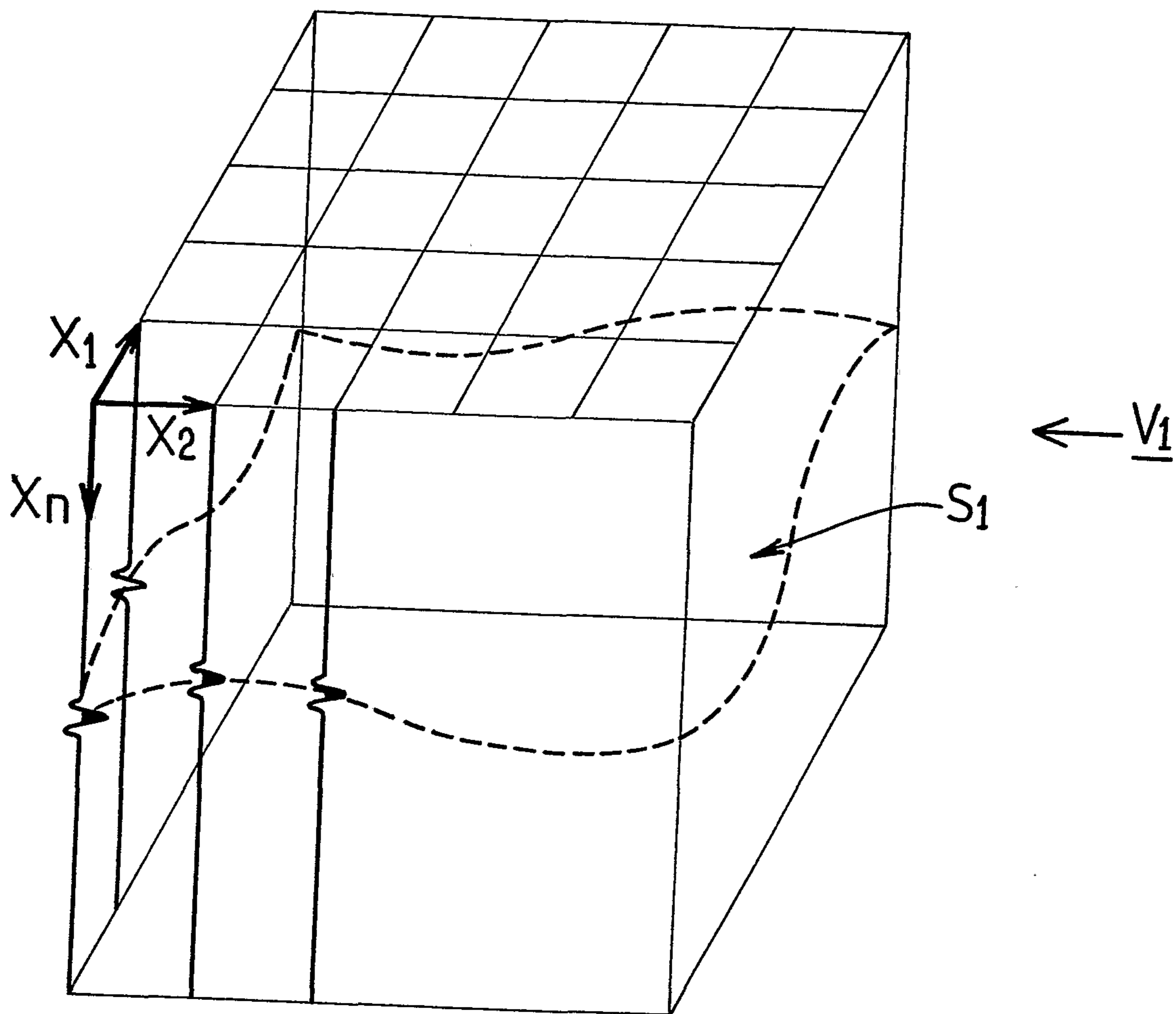


FIG. 1

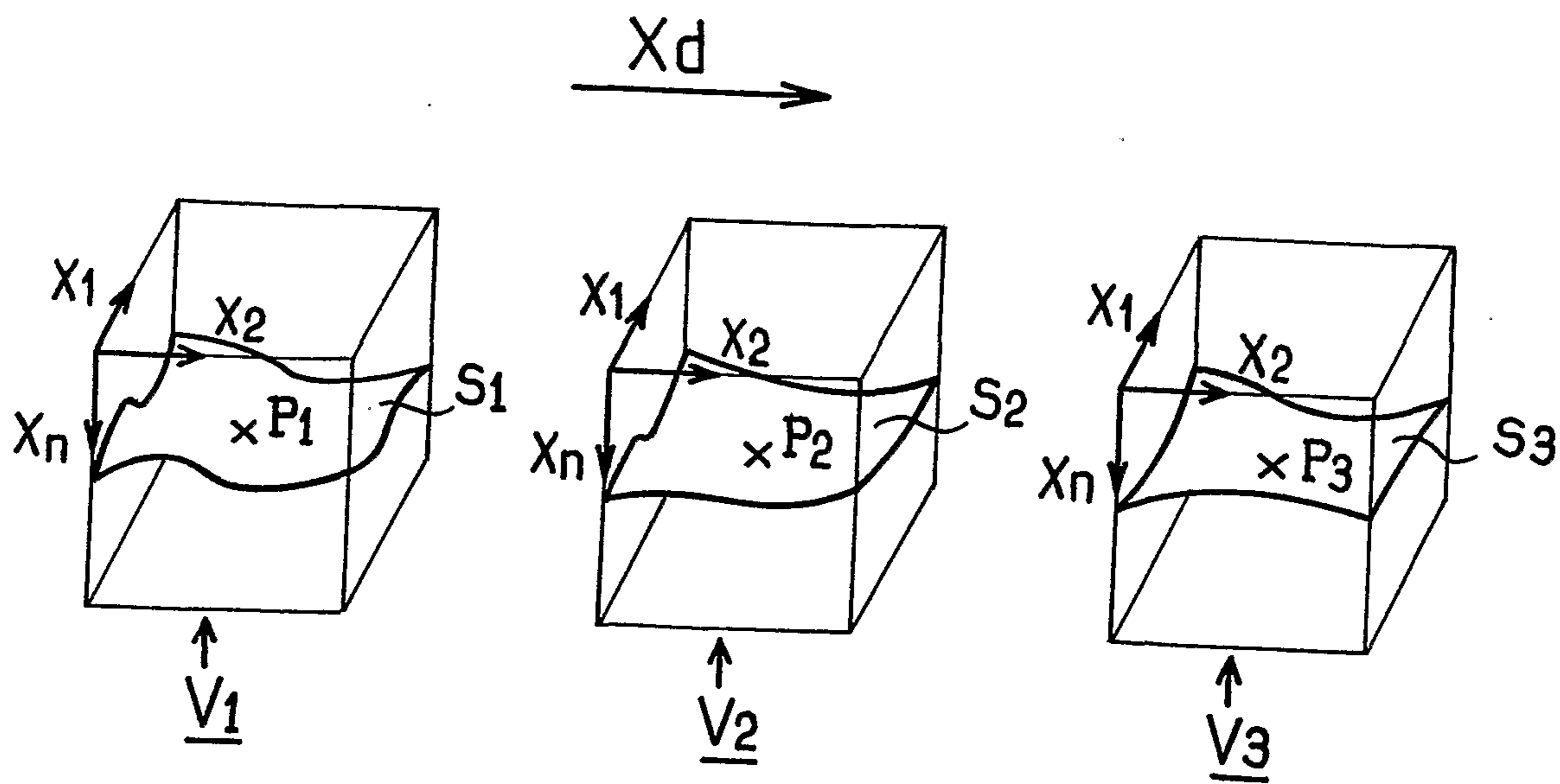


FIG. 2

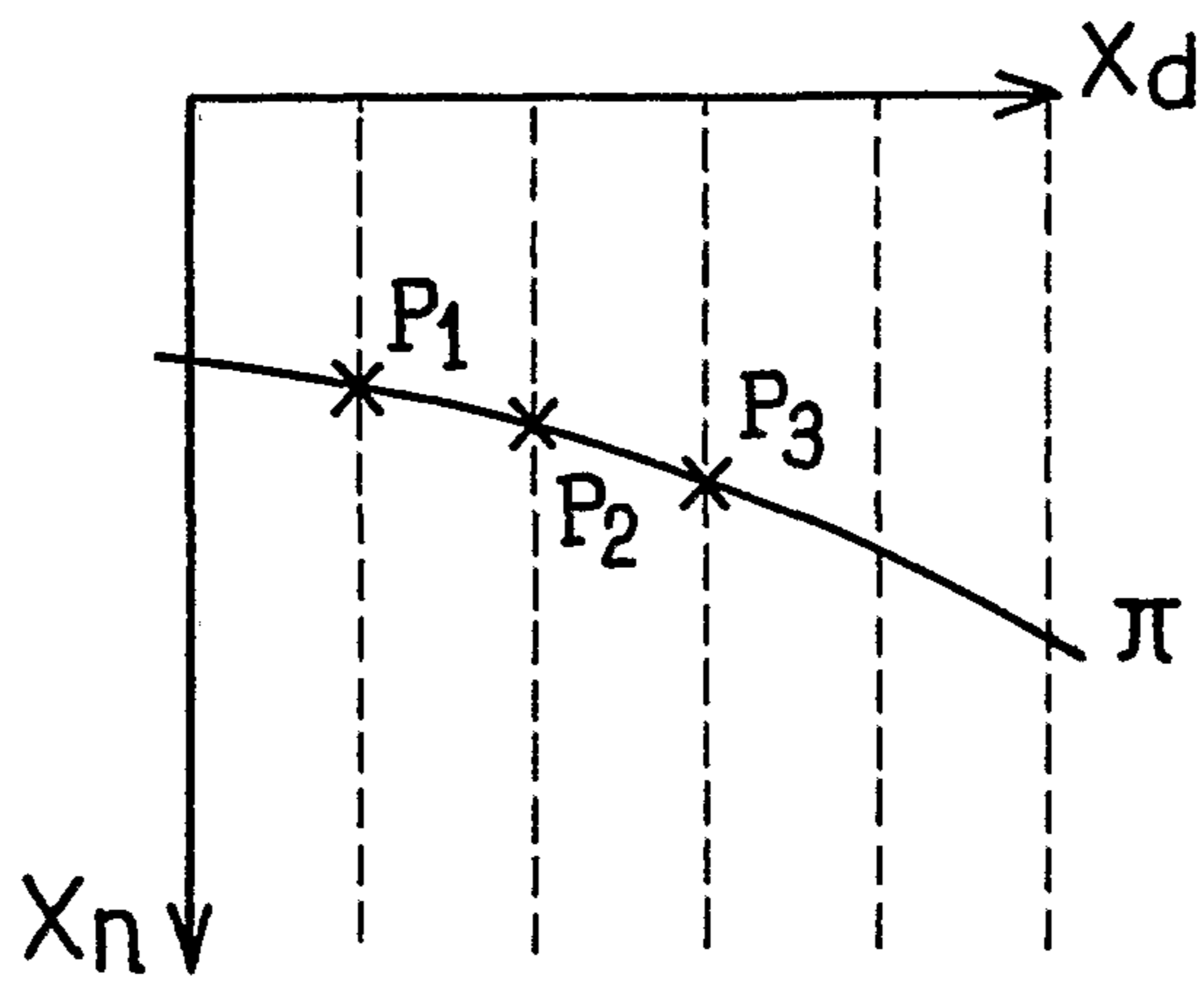


FIG. 3

Cas n = 4

→ X3

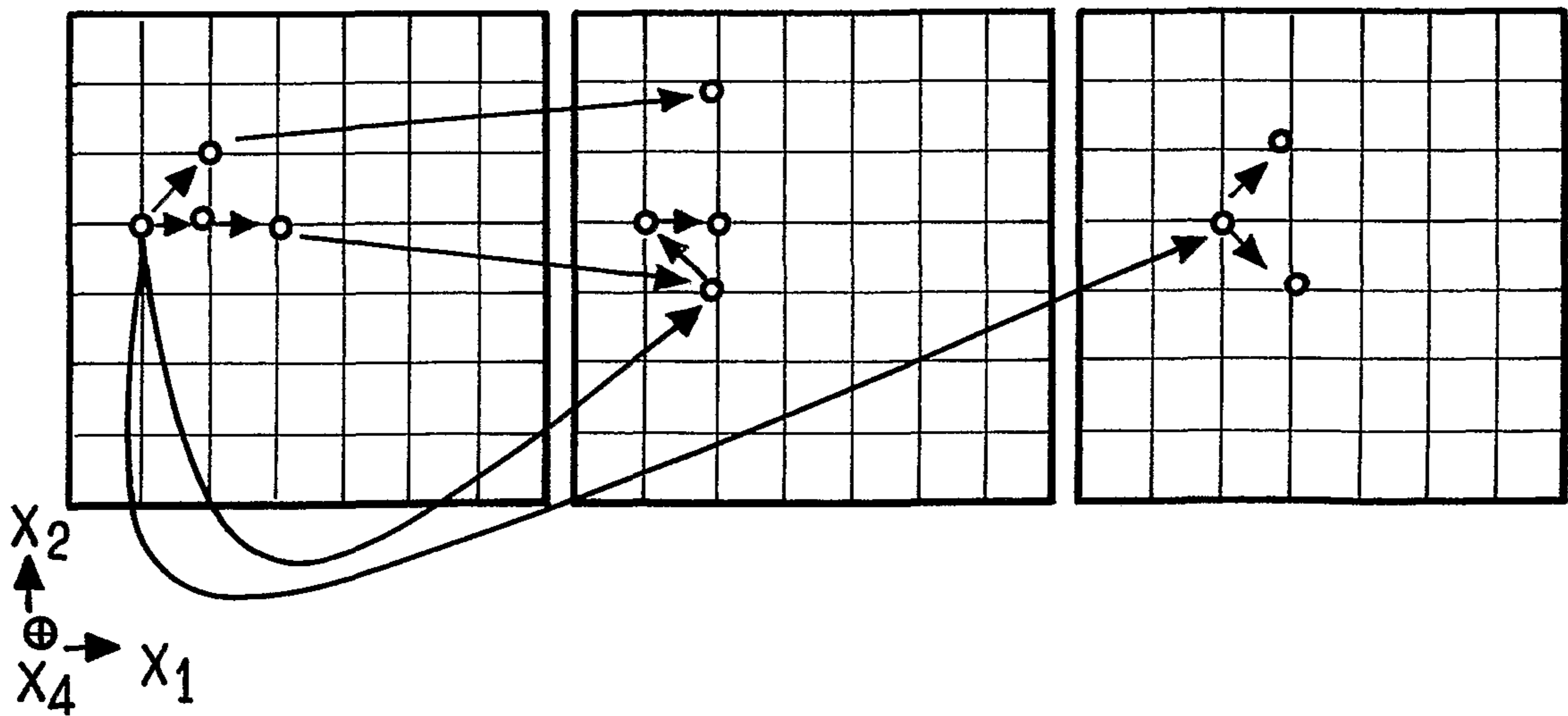


FIG. 4

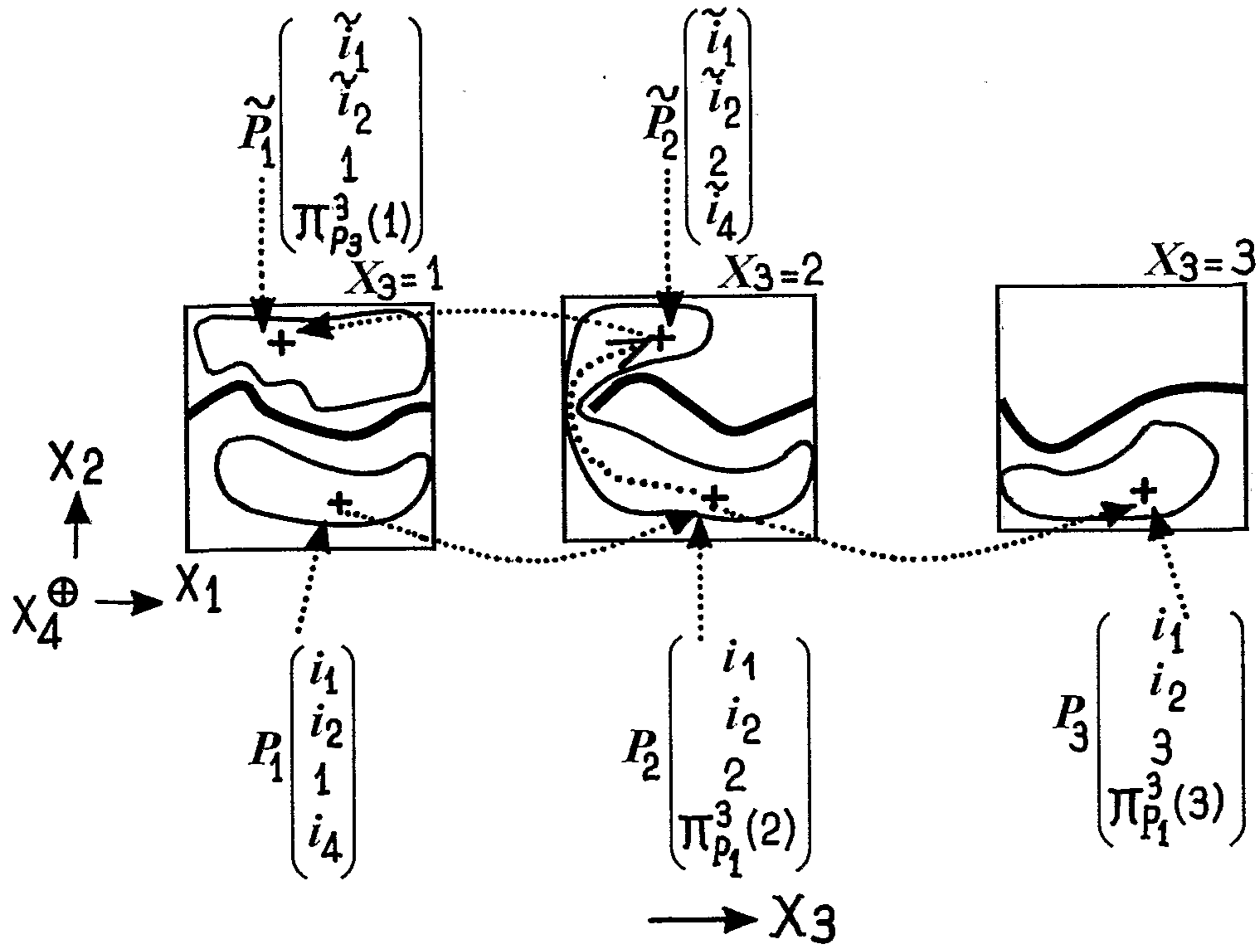


FIG. 5

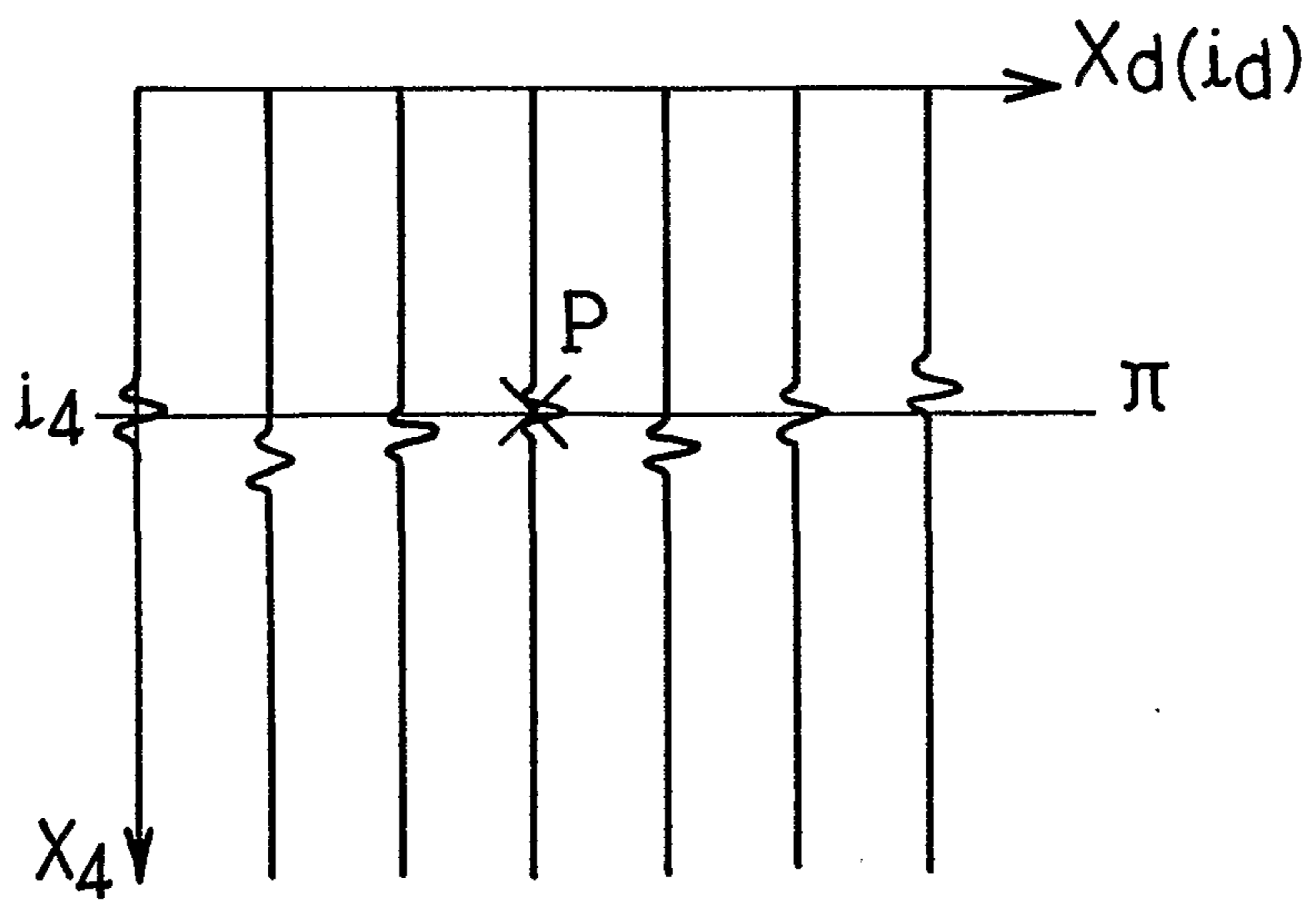
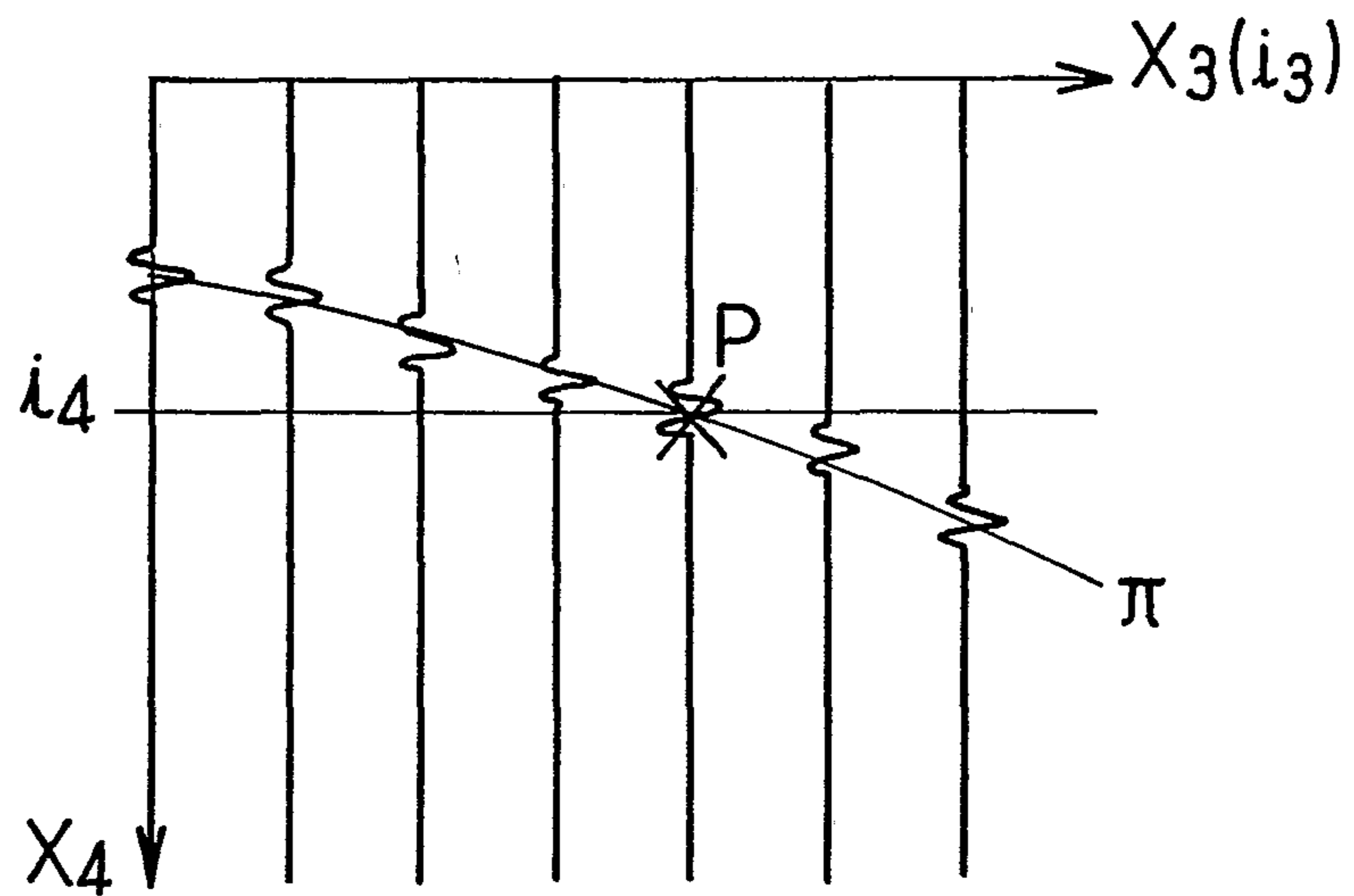
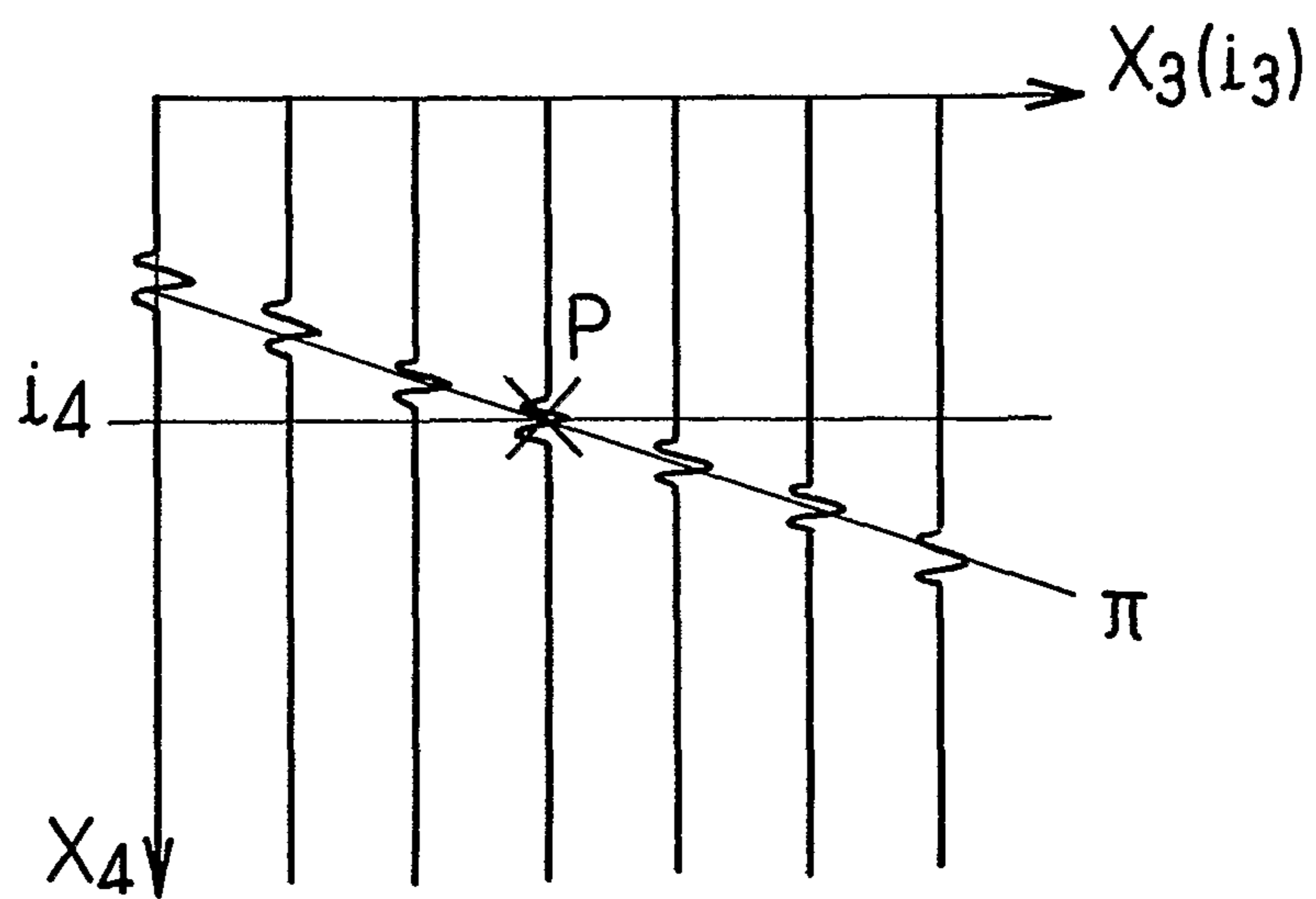


FIG. 6

FIG. 7FIG. 8

X_d \rightarrow

