



(12) PATENT

(19) NO

(11) 334113

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G01V 1/28 (2006.01)

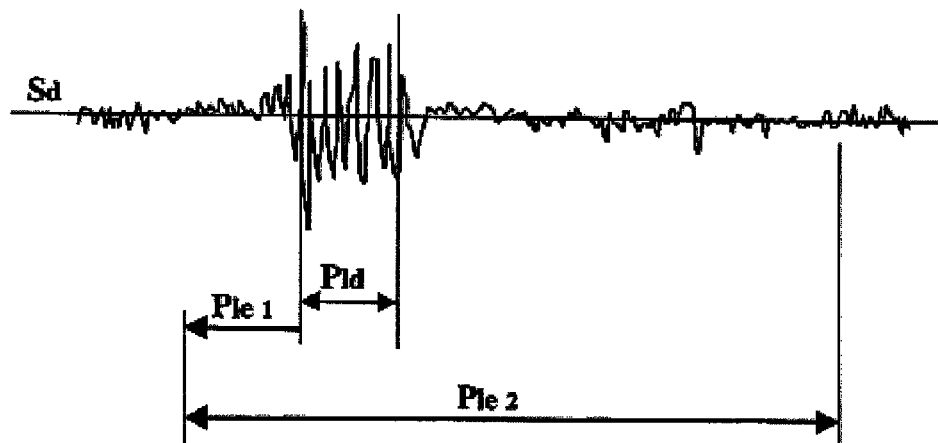
G01V 1/30 (2006.01)

G01V 1/50 (2006.01)

## Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20024706	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2002.10.01	(85)	Videreføringssdag	
(24)	Løpedag	2002.10.01	(30)	Prioritet	2001.10.05, FR, 0112893
(41)	Alm.tilgj	2003.04.07			
(45)	Meddelt	2013.12.09			
(73)	Innehaver	Institut Francais du Petrole, 1 & 4, avenue de Bois-Préau, FR-92852 RUEIL MALMAISON CEDEX, Frankrike			
(72)	Oppfinner	Christian Grouffal, 14, allée Louis David, F-92500 Rueil-Malmaison, Frankrike Jean-François Therond, 1, rue Théophile Gautier, F-92200 Neuilly-sur-Seine, Frankrike Jean-Pierre Deflandre, 15, rue du Général Lhéritier, F-95120 Ermont, Frankrike			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			
(54)	Benevnelse	<b>Fremgangsmåte for deteksjon og automatisk klassifisering i henhold til forskjellige valgte kriterier, av seismiske hendelser i en undergrunnsformasjon</b>			
(56)	Anførte publikasjoner	US 4649524 A FR 2772137 A			
(57)	Sammendrag				

Fremgangsmåte ment for automatisk klassifisering i henhold til forskjellige selekteringskriterier av seismiske eller mikroseismiske hendelser som detekteres av seismiske mottakere som er forbundet med en undergrunnsformasjon under utbygging, i henhold til om hvorvidt hendelsene er helt og holdent av mikroseismisk natur, eller av en hvilken som helst årsak avhenger av artefakter som er relatert til den ytre omgivelse eller til formasjonsutbygging eller overvåkingsaktiviteter, og for valg av de signifikante deler av traser med henblikk på analyse. - Den omfatter detektering av, på minst én registrert trase, under et detekteringsvindu (P<sub>ld</sub>) og i henhold til minst ett kriterium, av seismiske signaler som overstiger en gitt terskel (S<sub>d</sub>) i forhold til en bestemt selekteringsfunksjon (E, A), valg, på i det minste denne trasen, av minst ett globalt registreringsintervall (P<sub>le</sub>) som overlapper inn på begge sider av detekteringsintervallet (P<sub>ld</sub>), og lagring av signalene i dette registreringsintervallet (P<sub>le</sub>) sammen med et bestemt klassifiseringsmerke, i henhold til om hvorvidt signalene som der er detektert korresponderer helt og holdent til en mikroseismisk hendelse eller i en viss utstrekning er relatert til artefakter. Anvendelse: overvåking av produksjonsreservoarer eller lagerreservoarer under utbygging.



Den foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte som er ment for automatisk klassifisering, i henhold til forskjellige selekteringskriterier, av registreringer av seismiske eller mikroseismiske hendelser som er detektert av seismiske mottakere som er forbundet med en undergrunnsformasjon under utbygging.

5 Fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen anvendes særlig ved overvåking av reservoarsoner som generelt brukes enten til utvinning eller injeksjon av fluider.

Lokalisering av punkter i en undergrunnsone, uansett om det er en reservoarsoner eller et hulrom, hvor det forekommer mikroseismiske hendelser som er relatert til en aktivitet som har den effekt at den modifierer spenningsfeltet, er av stor  
10 betydning ved utbyggingen av sonen, uansett om det gjelder produksjon av fluider som utvinnes fra et reservoar gjennom en eller flere brønner eller injeksjon av fluider inn i sonen.

Det er f.eks. mulig å overvåke utviklingen av et hydrokarbonreservoar under utbygging, eller av et geotermisk område. Særlig i tilfellet av økt utvinning, er det  
15 ønskelig å presse oljen ut av bergarten ved å injisere fluider ved trykk og temperaturer som kan være svært forskjellig fra de som er i mediet. De resulterende spenningsvariasjonene kan føre til en frakturering av mediet, hvilket modifierer sirkulasjonen av fluidene inne i reservoaret, og som det er viktig å lokalisere korrekt.

Det er også velkjent å bruke undergrunnsreservoarer til fluidlagring. Det sistnevnte kan f.eks. være reservoarer for lagring av væskefase eller gassfase, hvor det  
20 kan observeres en viss mikroseismisk aktivitet som er forårsaket av betydelige variasjoner i strømningsmengden til væsken eller gassen som tas fra eller injiseres inn i disse reservoarene.

Reservoarene som brukes kan også være reservoarsoner eller hulrom som  
25 brukes til lagring av avfall, hvilke må overvåkes med hensyn på omgivelsene og for å være i overensstemmelse med de stadig strengere forskrifter for forurensningskontroll. Et undergrunnsreservoar kan brukes til å injisere borefluider som inneholder større eller mindre mengder av faste partikler, idet dumping av disse fluidene etter bruk på boreplassene er forbudt av forskriftene.

30 Temperaturen til disse fluidene som injiseres er generelt svært forskjellig fra temperaturen i mediet på den dybden hvor de injiseres, hvilket, i tilfellet av omfattende injeksjon, har den virkning at det frembringes termiske spenninger som genererer frakturer og derfor fører til en viss seismisk aktivitet. Injeksjonstrykket til

dette slammet kan også danne spenninger og føre til større eller mindre endringer i mediet.

Den seismiske aktivitet som forårsakes av effektene til trykk eller temperatur kan f.eks. avsløre dannelsen av frakturer eller føre til spenninger i allerede eksisterende frakturer. De bidrar til å modifisere strømningsløpene for fluidene i mediet, eller de kan skape lekkasjeløp fra fluider ut av reservoaret, eller de kan skape brudd i inneslutningen med mulig forurensning av de omgivende soner, hvilket er særlig viktig å påvise hvis det er en vannførende formasjon som brukes til drikkevannstilførsel.

10 Det er også av meget stor betydning å overvåke reservoarer som brukes til lagring av kjernefysisk avfall, for å hindre at injeksjonsoperasjoner eller lokale temperaturstigninger som skyldes lagring, forårsaker sprekker i lagene som tilveiebringer inneslutning.

Med mikroseismisk overvåking, også kjent som passiv seismikk, er utbyggers mål til slutt å kunne tolke dataene meget raskt sammen med de konvensjonelle arbeidsdata (trykk, strømningsmengde, temperatur, osv.), slik at han kan være i stand til å ta hensyn til områdets mekaniske respons i utbyggingsprotokollen for å bevare produktiviteten til brønnen(e) eller området. Den mikroseismiske aktivitet som observeres kan kombineres med en mekanisk nedbryting av mediet, hvilket kan generere inntrengning av faststoffer, med åpning av frakturer som sannsynligvis vil bringe reservoaret i kommunikasjon med en vannførende formasjon eller med andre fenomener av termo-poro-mekanisk opprinnelse, som har konsekvenser som kan føre til en reduksjon i brønnenes ytelse eller til og med skade på brønnen.

25 Patenter FR-2.593.292, (US-4,775,009), FR-2.681.573 (US-5,303,773) eller EP-546.892 (US-5,370,445) beskriver særlig forskjellige teknikker for overvåking av utviklingen over tid i undergrunnsreservoarer, hvilket omfatter bruk av seismiske følere eller andre følere som er permanent installert i en eller flere brønner (innlagt i sementen som forbinder føringsrøret med formasjonen eller utvendig kombinert med et produksjonsrør og presset mot føringsrørets innside) uten å forstyrre de forskjellige operasjoner som utføres (produksjon, injeksjon, forskjellige serviceoperasjoner som utføres ved hjelp av disse brønnene). Permanent installasjon av følere i brønner 30 muliggjør seismisk overvåking av et reservoar for å detektere forskjellige fenomener som er relatert til dets utvikling.

Patenter FR-2.703.457, FR-2.703.470 eller EP-0.748.457 (US-5,724,311) beskriver fremgangsmåter som er ment for langtids gjentakende aktiv overvåking av et reservoar ved påføring av elastiske bølger på en formasjon og innsamling av responssignalene som sendes tilbake av formasjonen, ved hjelp av permanent  
5 installasjon av utsendelsesanordninger og mottaksanordninger i brønner eller nær grunnens overflate. Differanseprosesseringsoperasjoner utføres på data som er innsamlet under identiske tilstander.

Patenter FR-2.688.896, FR-2.689.647 (US-5,481,502) beskriver særlig elektroniske innsamlings- og overføringssystemer som er spesielt utformet for inn-  
10 samling av signaler fra permanente følere som er installert i brønner på utsiden av føringsrør eller produksjonsrør, og for overføring av disse til et registrerings- og kontrollutstyr som befinner seg på overflaten under langtids gjentakende overvåking eller seismiske undersøkelser.

Patentsøknad EP-A-1.074.858 og patent FR-2.780.900 (US-6,113,388)  
15 beskriver også en fremgangsmåte som er ment for automatisk analyse av signaler som innsamles ved hjelp av en eller flere elastiske eller akustiske bølgefølere, for med høy nøyaktighet å automatisk lokalisere minst ett signifikant tidspunkt, så som tidspunktet for begynnelsen eller slutten av disse signalene for hver føler.

US-4,649,524 beskriver et system med integrert akustisk nettverk for varsling  
20 om truende jordras i undergrunnsgruver.

Patentet FR-2.772.137 (US-6,049,508) beskriver en fremgangsmåte som er ment for automatisk diskriminering, fra blant alle de registrerte hendelser, av de av type E som er av interesse ved karakterisering av stedet, mens man tar hensyn til hendelser som er forårsaket ved kompletteringsnivå, hvilke benevnes hendelser av  
25 type C. Disse hendelsene genereres ved stopp og gjenopptagelser av injeksjon, åpning eller stengning av ett eller flere kompletteringselementer (ventil, pakning, osv.) ved enhver dybde i brønnen eller også ved overflaten (ved brønnehodet), inkludert et overflateinstallasjonsnivå (rør, forskjellige innretninger). Enkelte av disse handlingene, så som kommunikasjonen mellom undergrunnssoenen (reservoaret) og  
30 overflatenettverket, kan som et resultat, særlig av trykkvariasjoner, føre til hendelser av type E, som ofte er utsatt, og som det er ønskelig å registrere og tolke. Hendelser av type C, som kan være i et meget stort antall innenfor et relativt kort tidsintervall (som et praktisk eksempel, mer enn 3400 hendelser på en uke), er skadelig for sanntidsovervåking av de geomekaniske fenomener som forårsakes ved inn-

samlingen av hendelser av type E, hvilke ofte forekommer i et relativt lite antall under den samme periode (eksempelvis ca. ti hendelser).

Ved siden av de seismiske mottakere som er forbundet med formasjonen, brukes det en eller flere referansefølere, hvilke tilveiebringer direkte akustisk kopling med elementer i utbyggingssonens tekniske utstyr for detektering av elastiske bølger som er direkte forbundet med utbyggingen. Ved hjelp av sammenlignende analyse av signalene som kommer fra disse mottakerne og fra hver referanseføler, sorteres registreringene i forskjellige familier i henhold til hvorvidt hendelsene i undergrunns-sonen er uavhengig av hendelser som detekteres av hver referanseføler eller avhenger av dem direkte eller indirekte.

Systematisk lytting til mikroseismiske hendelser som sannsynligvis forekommer i en undergrunnsformasjon, genererer, som nevnt ovenfor, et stort antall seismiske registreringer som må nøye klassifiseres for å forenkle senere diskriminering og analysearbeid.

Hovedtrekkene ved oppfinnelsen fremgår av de selvstendige patentkrav. Ytterligere trekk ved oppfinnelsen er angitt i de uselvstendige krav.

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen tillater automatisk klassifisering, i henhold til forskjellige kriterier, av hendelser som detekteres på registrerte seismiske traser som svarer til signalene som er detektert av seismiske mottakere som er forbundet med en undergrunnsformasjon, i henhold til om hvorvidt hendelsene er helt og holdent av mikroseismisk natur eller, under en hvilken som helst omstendighet, avhenger av artefakter som er relatert til de ytre omgivelser eller formasjonsutbyggingen eller overvåkingsaktiviteter, og valg av signifikante deler av trasene med henblikk på analyse.

Den er særlig karakterisert ved at den, på minst én registreringstrase under et detekteringsvindu (PId) og i henhold til minst ett kriterium, omfatter detektering av seismiske signaler som overstiger en viss terskel (Sd) i relasjon til en bestemt selekteringsfunksjon (E, A), i det minste på trasen, valg av et globalt registreringsintervall (Ple) som overlapper inn i begge sider av detekteringsintervallet (PId), og lagring av signalene i dette registreringsintervallet (Plg) sammen med et bestemt klassifiseringsmerke, i henhold til om hvorvidt de signaler som der er detektert helt og holdent korresponderer til en seismisk hendelse eller i en viss utstrekning er relatert til artefakter.

Ifølge en implementeringsmodus omfatter fremgangsmåten anvendelse av et selekteringskriterium inkludert detektering av hendelser på en enkelt registreringstrase ( $T_n$ ) og lagring av korresponderende globale registreringsintervaller på flere traser.

- 5 Ifølge en annen implementeringsmodus, omfatter fremgangsmåten anvendelse av et selekteringskriterium inkludert detektering av hendelser på et visst antall  $p$  ( $p \geq 2$ ) på forskjellige registreringstraser ( $T_n$ ,  $T_p$ ) hvis de korresponderende detekteringsintervaller ( $P_{Id}$ ) er inkludert i et bestemt tidsintervall ( $P_{Ig}$ ), ved påføring av den samme selekteringsfunksjon, og lagring av et globalt registreringsintervall
- 10 med tilstrekkelig varighet til å dekke alle hendelsene, i det minste på de  $p$  traser.

- Ifølge en annen implementeringsmodus, omfatter fremgangsmåten anvendelse av et selekteringskriterium inkludert detektering av hendelser på et visst antall  $p$  ( $p \geq 2$ ) av forskjellige registreringstraser ( $T_n$ ,  $T_p$ ) hvis de korresponderende detekteringsintervaller ( $P_{Id}$ ) er inkludert i et bestemt tidsintervall ( $P_{Ig}$ ), ved anvendelse av den samme selekteringsfunksjon, og lagring av et globalt registreringsintervall med tilstrekkelig varighet til å dekke hendelsene, på et antall  $N$  av traser som er større enn antallet  $p$ .
- 15

- Ifølge en annen implementeringsmodus, når en av de nevnte  $p$  traser frembringes ved innsamling av signaler på grunn av artefakter, omfatter fremgangsmåten anvendelse av et kanselleringskriterium som omfatter klassifisering av de andre trasene hvor hendelser er detektert i kategorien kansellerte traser, og lagring av disse.
- 20

- Ifølge en annen implementeringsmodus, omfatter fremgangsmåten sperring av de traser som har detekteringstid som er lengre enn et bestemt tidsintervall, og revalidere dem senere hvis verdien av selekteringsfunksjonen er under en annen terskel i et bestemt reaktiveringsintervall.
- 25

- De seismiske traser som klassifiseres med fremgangsmåten fremskaffes ved hjelp av seismiske eller akustiske følere som er forbundet med formasjonene som omgir en brønn gjennom undergrunnsformasjonen. De kan svare til signaler som reflekteres av formasjonen som respons på utsending i grunnen av signaler som sendes ut av en seismisk kilde, og i dette tilfellet brukes fortrinnsvis sperrekriterier på flere traser for kun å velge seismiske hendelser som ikke er forårsaket av kilden.
- 30

Dataprosesseringsinnretningen ifølge oppfinnelsen muliggjør, ifølge forskjellige kriterier, automatisk klassifisering av hendelser som er detektert på

registrerte seismiske traser som korresponderer til signaler som er detektert av seismiske mottakere som er forbundet med en undergrunnsformasjon, i henhold til om hvorvidt hendelsene helt og holdent er av mikroseismisk natur eller, under en hvilken som helst omstendighet, avhenger av artefakter som er relatert til de ytre omgivelser eller til utbygging av formasjonen eller overvåkingsaktiviteter, for å velge 5 signifikante deler av traser med henblikk på analyse. Den omfatter hovedsakelig anordninger for, på i det minste én registreringstrase under et detekteringsvindu og i henhold til minst ett kriterium, detektering av seismiske signaler som overstiger en viss terskel i relasjon til en bestemt selekteringsfunksjon, anordninger for valg av, i 10 det minste på nevnte trase, et globalt registreringsintervall som overlapper inn på begge sider av detekteringsintervallet, og anordninger for å lagre signalene i dette registreringsintervallet sammen med et bestemt klassifiseringsmerke, i henhold til om hvorvidt de signaler som der er detektert, helt og holdent korresponderer til en mikroseismisk hendelse eller i en viss utstrekning er relatert til artefakter.

15 Systemet som er ment for seismisk overvåking av en undergrunnsformasjon i henhold til oppfinnelsen, omfatter hovedsakelig en flerhet av seismiske mottakere som er forbundet med formasjonen, en innretning som er ment for å registrere signalene som detekteres av de forskjellige seismiske mottakere, og prosesseringsinnretningen angitt ovenfor.

20 De seismiske mottakere er f.eks. hydrofoner og/eller geofoner og/eller akselerometre som er fordelt i minst én brønn gjennom formasjonen, hvilket kan forbindes med formasjonen ved hjelp av væske eller sement, mekaniske koplingsanordninger eller magnetisering.

25 Innretningen kan omfatte minst én overføringskabel som forbinder de seismiske mottakere til registreringsinnretningen.

Anordningene for datamottak og/eller overføring kan f.eks. bruke en teknologi som er basert på optiske fibre.

30 Innretningen kan inkludere anordninger for å sperre flere registrerte traser for å velge kun seismiske hendelser som ikke er forårsaket av kilden eller for å forhindre metning av registreringsinnretningen.

Ved hjelp av disse detekterings- og klassifiseringsprotokoller, muliggjør fremgangsmåten og innretningen, fra blant den ofte betydelige mengde av registreringsfiler som er fremkommet gjennom systematisk lytting til mikroseismikken i en

formasjon, isolering av et mye mer begrenset antall filer som inneholder direkte tolkbare, tidfestede og klassifiserte signifikante registreringer.

Unødig metting av datalagringskapasitetene blir således forhindret, og den effektive autonomi til prosesseringsinnretningen for de seismiske hendelser, hvis arbeidsevne under frittstående eller uavhengige tilstander er av stor verdi, økes.

Muligheten for å arbeide med flere modi samtidig gir prosesseringsinnretningen visse fordeler ved forvaltningen av de store områder, hvor de overvåkede soner kan gjennomgå mekaniske omstillinger som ikke nødvendigvis er merkbare fra en sone til den neste.

Muligheten for midlertidig og automatisk sperring av kontinuerlige detekteringer for visse seismiske mottakere, brukt i kombinasjon med en operasjonsmodus hvor det brukes flere detekterings-/sperremodi, gjør særlig at man ikke trenger å miste noe nyttig informasjon som ville bli innsamlet gjennom visse mottakskanaler som ble lyttet til med jevne mellomrom, eller gjennom disse kanalene når de oppfyller reaktiveringskriteriene.

Andre trekk og fordeler ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen vil bli klare ved en gjennomlesing av den følgende beskrivelse av et ikke-begrensende eksempel, med henvisning til de ledsagende tegninger, hvor:

- fig. 1 skjematisk viser en brønn som er utstyrt med mottakere for seismisk lytting i en formasjon,
- fig. 2 skjematisk viser en fremgangsmåte til festing av seismiske mottakere til et produksjonsrør,
- fig. 3 viser kriteriet anvendt på detekteringen av en enkelt trase,
- fig. 4 viser en variant av dette kriteriet, som tillater en separasjon av de suksessive hendelser,
- fig. 5 viser kriteriet anvendt på detekteringen, anvendt på flere traser, og
- fig. 6 viser trasesperrekriteriet og reaktiveringskriteriet, hvilke gjør det mulig å avvise for støybelagte traser.

Det seismiske eller mikroseismiske overvåkingssystem som skjematisk er vist på fig. 1, er installert i en eller flere brønner 1 som hver er forsynt med et føringsrør 2, som, så snart det er på plass, forbindes med den omgivende formasjon ved inn-sprøyting av sement mellom røret og brønnen. Et produksjonsrør 3 senkes inn i den førede brønnen. Dette produksjonsrøret gjør det mulig å utføre operasjoner i en undergrunnssone P (for å utvinne fluider derfra eller for å injisere fluider i denne).



Pumpeanordninger og ventiler (ikke vist) muliggjør styrt aktivering av den betraktede sone. Det seismiske overvåkingssystem omfatter eksempelvis, i hver brønn, en serie på N seismiske mottakere R1 til Rn som er festet til utsiden av produksjonsrøret og presset mot innerveggen i føringsrøret 2 ved hjelp av frikoplingsanordninger, så som fleksible elementer 4 (fig. 2). Det kan også inkludere mottakere.

Hver mottaker Rk er f.eks. en trifon som omfatter tre geofoner i en enkelt boks, hvis akser er orientert i retningene til et trirektangulært trieder. Lokale elektroniske bokser 5 er anordnet i brønnen. Hver av dem er forbundet til en eller flere trifoner Rk for innsamling av signalene som detekteres av de tilknyttede mottakere. De forskjellige lokale elektroniske bokser er ved hjelp av en eller flere overføringskabler C forbundet til en overflate-innsamlingsinnretning 6, så som en mikrodatamaskin. I tilfeller hvor mottakere er permanent installert i flere brønner, i en avstand fra hverandre, er de forskjellige innsamlingsinnretninger 6 eksempelvis forbundet til et fjernliggende sentralt laboratorium (ikke vist) ved hjelp av et kommunikasjonsnettverk så som f.eks. et eternett-nettverk, som beskrevet i ovennevnte patenter FR-2.772.137, FR-2.689.647 (US-5,481,502). Et multinivå-telemetrisystem for flere brønner kan f.eks. omfatte opptil ni eller atten nivåer med tre traser pr. telemetriske forbindelse installert i en brønn, og opptil ti utstyrte brønner.

I de tilfeller hvor det brukes en enkelt telemetriforbindelse pr. brønn, kan en lyttesesjon igangsettes fra hver overflatesammenstilling, eller fra det sentrale laboratorium ved hjelp av et aktiveringssignal. En gang om dagen eller på operatørens initiativ avbrytes lyttingen, og det utføres en serie tester i henhold til den protokoll som beskrives i det følgende, for på registreringene å lokalisere de seismiske hendelser av betydning som har forekommet under lyttesesjonen, for å klassifisere dem og registrere dem i journalen, hvorefter lyttingen startes påny.

#### LYTTEKONFIGURASJON

Ut fra konfigurasjonen av utstyret på stedet muliggjør denne handlingen valg av lyttekonfigurasjon, dvs. av alle de registreringstrasene (benevnt "lytte"-traser) som vil være en del av lyttesesjonen.

Når dette trinnet er fullført kan operatøren definere innsamlingskonfigurasjonen.

## DEFINISJON AV DETEKTERINGSKRITERIENE

Denne operasjonen gjør det mulig for operatøren å definere detekteringskriteriene som vedrører de mikroseismiske hendelser og alle lyttetraser som de vil bli anvendt på. Det må derfor defineres et visst antall traser blant lyttetraserne:

- 5
- "detekterings"-trasene som kriteriene anvendes på,
  - trasene som skal registreres, hvilke vil bli registrert for hvert kriterium, og
  - kanselleringstrasene som vil gjøre det mulig å bekrefte eller avkrefte den kjensgjerning at en hendelse er detektert på en eller flere detekteringstraser er en mikroseismisk hendelse.

10 Hvis en mikroseismisk hendelse detekteres, blir alle de digitaliserte signaler på alle trasene som skal registreres på tidspunkt som begrenser hendelsen, tidfestet og lagret på disken i innsamlingsmikrodatamaskinen. Journalen blir også oppdatert.

Ut fra sin definisjon er et kriterium en analysefunksjon som anvendes på en eller flere traser innenfor en gitt tidsperiode.

15 Det er f.eks. en "energi"-funksjon  $E(T_n, P_{ld}, S_d)$ . Denne funksjonen beregner rms-verdien av signalet til trase  $T_n$  i et intervall  $P_d$  og sammenligner resultatet med en terskel  $S_d$ . Hvis terskelverdien overskrides, returneres funksjonen til boolsk SANN, i motsatte tilfeller returnerer den til USANN. rms-verdien beregnes ved å ta bort den kontinuerlige komponent som er beregnet i intervall  $P_{ld}$  fra hver punktprøve.

20 Det kan også være en "amplitude"-funksjon  $A(T_n, P_{ld}, S_d, X)$ . Denne funksjonen beregner absoluttverdien av signalet i trase  $T_n$  i et intervall  $P_{ld}$  og sammenligner antallet ganger terskelen  $S_d$  overskrides i forhold til antallet  $X$  som brukes som en parameter. Hvis terskelen overskrides, returnerer funksjonen til boolsk SANN; i motsatt tilfelle returneres USANN.

25 Vi vil nedenfor liste opp et visst antall av hendelses-detekteringskriterier, deretter hendelses-kanselleringskriterier og til slutt en prosedyre som gjør det mulig å sperre en støybelagt detekteringstrase.

## REGISTRERINGSGRENSER

30 For å forhindre metning av lagringsdisken, kan det f.eks. bestemmes å registrere kun 50% av hendelsene over en periode på en time og 10% over en dag. Denne begrensningen kan tas bort for visse operasjoner, så som ved lytting under frakturering. Under permanent lytting blir det automatisk tatt sikkerhets kopi av alle

hendelsene med regelmessige intervaller (f.eks. hver 24 time på en optisk disk). Denne sikkerhets-kopieringsprosedyren kan også utføres på operatørens ordre.

## FORSKJELLIGE DETEKTERINGSKRITERIER

### 5 *Prinsipp for anvendelse av kriteriene på en enkelt trase $T_n$ (fig. 3, 4)*

10 Dette kriteriet gjør det mulig å detektere at en hendelse er en mikroseismisk hendelse. For en trase  $T_n$  kan kriteriet formuleres som følger: en detektert hendelse blir mikroseismisk hvis resultatet av funksjonen anvendt på intervallet  $Pl_d$  (detekteringsintervall) overstiger terskelen  $S_d$ . Den detekterte hendelse bevirker registrering av alle trasene som skal registreres i forbindelse med dette kriteriet. Denne registreringssprosedyren starter på punktprøvene som er innsamlet fra starten av intervallet  $Pl_d$  minus et intervall  $Pl_{e1}$  (for-registreringsintervall) og involverer et intervall  $Pl_{e2}$  (samlet registreringsintervall). For detektering av terskelen, går intervallet  $Pl_d$  hver gang fremover med et halvt intervall.

15 Hvis det skjer en ny detektering før enden av et intervall  $Pl_g$  (globalt hendelsesintervall), anser man dette for å være den samme mikroseismiske hendelse. På den annen side anses enhver ny detektering bortenfor  $Pl_g$  å være en annen mikroseismisk hendelse, og den registreres.

20 Alle de registrerte trasene har en størrelse  $Pl_e$  som eksempelvis varierer fra noen titalls millisekunder opptil ett eller flere sekunder. I det ovennevnte tilfellet overlapper registreringene hverandre.

### *Prinsipp for flertrase-detekteringskriterium (fig. 5).*

25 Denne typen kriterium gjør det mulig å få bekreftet på et finere nivå at en hendelse faktisk er mikroseismisk. Trasene som disse kriteriene anvendes på fremkommer i en enkelt brønn eller i forskjellige brønner. For to traser  $T_n$  og  $T_p$  kan kriteriet formuleres som følger:

30 Den detekterte hendelse blir mikroseismisk hvis, i et globalt intervall  $Pl_g$ , rms-verdien av  $T_n$  i et intervall  $Pl_d$  overstiger terskelen  $S_{dn}$  og rms-verdien av  $T_p$  i et intervall  $Pl_d$  overstiger terskelen  $S_{dp}$ . Den detekterte hendelse forårsaker registrering av alle trasene som skal registreres i forbindelse med dette kriteriet. Denne registreringssprosedyren starter på punktprøvene som er innsamlet ved begynnelsen av intervall  $Pl_{dn}$  minus et intervall  $Pl_{e1}$  og involverer et intervall  $Pl_{e2}$ .

Hvis kriteriet igjen oppfylles før enden av intervall Plg, anser man at dette er den samme mikroseismiske hendelse. På den annen side anses enhver ny detektering bortenfor Plg å være en annen mikroseismisk hendelse Nes, og denne registreres.

- 5 Dette kriteriet kan vedrøre mer enn to traser, og validering kan skje enten:
- hvis N detekteringstraser oppfyller kriteriet i et globalt intervall Plg, eller
  - hvis N traser blant detekteringstrasene i det minste oppfyller kriteriet i et globalt intervall Plg.

## 10 KRITERIETYPEN OG PARAMETERISERING

### *Parameterisering av traser*

For hver detekteringstrase defineres følgende parametre:

- funksjon som skal anvendes, E eller A,
- detekteringsterskel Sd,
- 15 - sperreterskel Si,
- trasereaktiveringsterskel Sr,
- overskridelsesantallet X (hvis den valgte funksjon er "amplitude").

### *Kriterium vedrørende N spesifikke detekteringstraser (kriterium Ca)*

- 20 Denne typen kriterium er oppfylt hvis resultatet av alle funksjonene som er utført på alle de spesifiserte detekteringstrasene returnerer den boolske SANN i et gitt tidsintervall, hvilket er ensbetydende med en logisk OG-operasjon mellom alle funksjonsresultatene.

De følgende parametre er påkrevet for å parameterisere dette kriteriet (Ca):

- 25 - liste for detekteringstrasene som vedrører dette kriteriet,
- detekteringsgrenseintervall (Plg),
- detekteringsberegningsintervall (Pld),
- liste for registreringstrasene som vedrører dette kriteriet,
- for-registreringsintervall (Ple1), og
- 30 - registreringstid (Ple2).

Under en lyttesesjon kan operatøren definere flere kriterier av type Ca med forskjellige parametre (Ca1, Ca2, osv.).

*Kriterium som vedrører N detekteringstraser blant P (kriterium Cb).*

Denne typen kriterium er oppfylt hvis resultatet av i det minst N funksjoner som utføres på alle de spesifiserte detekteringstraser returnerer den boolske SANN i et gitt tidsintervall.

5 De følgende parametre er påkrevet for å parameterisere dette kriterium (Cb):

- liste for detekteringstraser som vedrører dette kriteriet,
- antallet traser som må tilfredsstillere dette kriteriet,
- liste for registreringstrasene som vedrører dette kriteriet,
- detekteringsgrenseintervall (PIg),
- 10 - detekteringsberegningsintervall (PId),
- for-registreringsintervall (Ple1), og
- registreringstid (Ple2).

Under en lyttesesjon kan operatøren definere flere kriterier av type Cb med forskjellige parametre (Cb1, Cb2, osv.).

15

*Kriterium vedrørende en enkelt detekteringstrase (kriterium Cc)*

Dette kriterium er oppfylt hvis resultatet av funksjonen som er utført på en av de spesifiserte traser returnerer den boolske SANN, hvilket er ensbetydende med en logisk ELLER-operasjon mellom alle resultatene i funksjonene som er forbundet med

20

De følgende parametre er påkrevet for å parameterisere dette kriteriet (Cc):

- antallet detekteringstrase(r),
- detekteringsgrenseintervall (PIg),
- detekteringsberegningsintervall (PId),
- 25 - liste over registreringstraser som vedrører dette kriteriet,
- for-registreringsintervall (Ple1), og
- registreringstid (Ple2).

Under en lyttesesjon kan operatøren definere flere kriterier av type Cc med forskjellige parametre (Cc1, Cc2, osv.). Han kan også oppgi en liste over

30

detekteringstraser som bruker de samme parametre.

**HENDELSES-KANSELLERINGSKRITERIUM (Cs)**

Når et detekteringskriterium blir definert, velges et visst antall traser som kanselleringstraser. Disse trasene er generelt overflatetrasene eller

produksjonsrørtrasene. I tilfellet av kansellering av detekteringskriteriet, vil kun kanselleringstrasene bli registrert. Dette kanselleringskriteriet brukes til å detektere en overflatestøy som forårsakes av arbeid under utførelse.

De følgende parametre er påkrevet for å parameterisere dette kriteriet (Cs):

- 5 - nummeret til overflatetrasen ( $T_s$ ) eller produksjonsrørtrasen ( $T_b$ ),
- detekteringsberegningintervall ( $Plad$ ),
- for-kanselleringsintervall ( $Pla1$ ) (positiv eller negativ verdi),
- samlet kanselleringsintervall ( $Pla2$ ),
- for-registreringsintervall ( $Plea1$ ), og
- 10 - registreringstid ( $Plea2$ ).

Hvis beregningskriteriet igangsettes, kanselleres detekteringen av det tilknyttede kriterium under intervall  $Plea2$ .

#### KRITERIUM AV TRASESPERRING OG REAKTIVERING ( $C_i$ ) (fig. 6)

- 15 Dette kriteriet muliggjør inaktivering av en detekteringstrase som er støybelagt.

I ethvert tilfelle, hvis en hendelsesdetektering på en detekteringstrase strekker seg over et intervall som er større enn  $Pli$  (sperreintervall), tas denne trasen ikke lenger hensyn til i detekteringskriteriet. Den vil bli validert igjen hvis rms-verdien forblir nedenfor reaktiveringsterskelen ( $Sr$ ) under et intervall  $Plr$  (reaktiveringsintervall). Dette prinsippet gjør det mulig å eliminere de ikke-seismiske hendelser eller til og med kontinuerlige seismiske hendelser som er et resultat av midlertidig bruk av en seismisk kilde for et annet formål, så som en isolert seismisk innsamling eller innsamlinger av den samme type som utføres regelmessig.

- 25 En sperret trase fjernes fra listen over detekteringstraser. Hvis den var en del av et type  $Ca$  (OG) -kriterium, vil dens igangsetting fortsatt anses som SANN.

Eksempel for en detekteringstrase:

Hvis det naturlige støynivå er  $2 \mu V_{eff}$ , kan man ta:

- et 100 ms detekteringsintervall ( $Plid$ ),
- 30 - et  $4 \mu V_{eff}$  detekteringsterskel ( $Si$ ),
- et 2-sekunders sperreintervall ( $Pli$ ),
- et 2-sekunders reaktiveringsintervall ( $Plr$ ),
- en  $3 \mu V_{eff}$  reaktiveringsterskel for reaktivering av trasen i kriteriet ( $Sr$ ).

De følgende parametre er påkrevet for å parameterisere dette kriteriet (Ci):

- antallet traser som utsettes for dette prinsippet,
- sperreintervall (Pli),
- reaktiveringsintervall (Plr).

5 Sperre- og reaktiveringstersklene er tersklene  $S_i$  og  $S_r$  for hver detekterings-trase.

Fremgangsmåten er blitt beskrevet for anvendelser ved prosessering av seismiske eller mikroseismiske data. Det er klart at den også kan anvendes for prosessering av ethvert signal av bølgenatur eller akustisk natur.

## P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåte for automatisk klassifisering av hendelser som er detektert på registrerte traser som korresponderer med seismiske eller akustiske signaler
- 5 som er detektert av mottakere (R1-Rn) som er forbundet med en undergrunnsformasjon, i henhold til om hvorvidt hendelsene helt og holdent er av seismisk eller mikroseismisk natur, eller under en hvilken som helst omstendighet avhenger av artefakter som er relatert til de ytre omgivelser eller til aktiviteter knyttet til utbygging eller utvikling eller overvåking av undergrunnsformasjonen, omfattende:
- 10 - på minst én registreringstrase, detektering, under et detekteringsvindu eller -intervall (PId), av signaler som overskrider en viss terskel (Sd) relatert til et detekteringskriterium;
- valg av et globalt registreringsintervall (PIe) som strekker seg utover begge sider av detekteringsintervallet (PId), og
- 15 - lagring av signalene i dette registreringsintervallet,
- karakterisert ved at den videre omfatter:
- definering, blant alle registrerte traser, av detekteringstraser på hvilke minst ett mikroseismisk hendesdetekteringskriterium blir definert ved hjelp av definering av en analysefunksjon (E, A) som anvendes på detekteringsintervallet
- 20 (PId), idet nevnte funksjon sender tilbake en verdi kalkulert i detekteringsintervallet (PId);
- detektering av en mikroseismisk hendelse når verdien til funksjonen (E, A) overstiger terskelen (Sd); og
- utføring av trinnet med signallagring ved assosiering, med hver lagrede
- 25 trase, av et klassifiseringsmerke definert i henhold til om hvorvidt de signaler som der er detektert helt og holdent korresponderer til en seismisk eller mikroseismisk hendelse, eller i en viss utstrekning er relatert til artefakter.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1,
- 30 karakterisert ved at den omfatter anvendelse av et detekterings- eller selekteringskriterium som omfatter detektering av hendelser på en enkelt registreringstrase (Tn), og lagring av korresponderende globale registreringsintervaller på flere traser.



3. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
karakterisert ved at den omfatter anvendelse av et detekterings- eller  
selekteringskriterium som omfatter detektering av hendelser på et visst antall  $p$  ( $p$   
 $\geq 2$ ) av forskjellige registreringstraser ( $T_n$ ,  $T_p$ ) hvis de korresponderende  
5 detekteringsintervaller ( $PI_d$ ) er inkludert i et bestemt tidsintervall ( $PI_g$ ), ved  
anvendelse av den samme analysefunksjon, og lagring av et globalt registrerings-  
intervall med tilstrekkelig varighet til å dekke hendelsene, i det minste på nevnte  $p$   
traser.
- 10 4. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
karakterisert ved at den omfatter anvendelse av et detekterings- eller  
selekteringskriterium som omfatter detektering av hendelser på et visst antall  $p$  ( $p$   
 $\geq 2$ ) av forskjellige registreringstraser ( $T_n$ ,  $T_p$ ) hvis de korresponderende  
detekteringsintervaller ( $PI_d$ ) er inkludert i et bestemt tidsintervall ( $PI_g$ ), ved  
15 anvendelse av den samme analysefunksjon, og lagring av et globalt registrerings-  
intervall med tilstrekkelig varighet til å dekke hendelsene, på et antall  $N$  av traser  
som er større enn antallet  $p$ .
5. Fremgangsmåte ifølge krav 3,  
20 karakterisert ved at en av nevnte  $p$  traser har fremkommet ved inn-  
samling av signaler som skyldes artefakter, idet den omfatter anvendelse av et  
kanselleringskriterium som omfatter klassifisering av de andre trasene, hvor  
hendelser detekteres i kategorien kansellerte traser, og lagring av disse.
- 25 6. Fremgangsmåte ifølge et av de foregående krav,  
karakterisert ved at den omfatter sperring av traser som har en  
detekteringstid som er større enn et bestemt tidsintervall ( $PI_i$ ), og senere  
revalidering av disse hvis verdien av analysefunksjonen ( $E$ ,  $A$ ) er under en annen  
terskel i et bestemt reaktiveringsintervall ( $PI_r$ ).

7. Fremgangsmåte ifølge et av de foregående krav, karakterisert ved at det brukes seismiske traser som er fremkommet ved hjelp av seismiske eller akustiske sensorer eller følere som er forbundet med formasjonene som omgir en brønn gjennom undergrunnsformasjonen.

5

8. Fremgangsmåte ifølge et av de foregående krav, karakterisert ved at det brukes flere detekterings- eller selekteringskriterier som er valgt blant alle kriteriene i et kriteriebibliotek.

10

9. Fremgangsmåte ifølge et av de foregående krav, karakterisert ved at de registrerte traser er signalene som ble reflektert eller sendt tilbake av formasjonen som respons på utsendelse i grunnen av signaler som ble utsendt av en seismisk kilde, og at sperrekriterier brukes på flere traser for kun å velge seismiske hendelser som ikke er forårsaket av kilden.

15

10. Dataprosesseringsinnretning for automatisk klassifikasjon, i henhold til minst ett kriterium, av hendelser som er detektert på registrerte seismiske traser som korresponderer til signaler som er detektert av seismiske eller akustiske mottakere (Rk) som er forbundet med en undergrunnsformasjon, i henhold til om hvorvidt hendelsene helt og holdent er av mikroseismisk natur eller, under en hvilken som helst omstendighet, avhenger av artefakter som er relatert til de ytre omgivelser eller til aktiviteter knyttet til utbygging eller utvikling eller overvåking av formasjonen, og for valg av signifikante deler av traser med henblikk på analyse, omfattende: en innretning (6) for registrering av seismiske traser og en innretning (7) for prosessering av registrerte traser omfattende anordninger for detektering, på minst én registrert trase i et detekteringsvindu eller -intervall (PId) og i henhold til minst ett detekteringskriterium, av signaler som overskrider en viss terskel (Sd), anordninger for, i det minste på trasen, valg av et globalt registreringsintervall (Ple) som strekker seg utover begge sider av detekteringsintervallet (PId), og anordninger for lagring av signalene fra dette registreringsintervallet, karakterisert ved at prosesseringsinnretningen (7) er anordnet for:

- definering av minst ett mikroseismisk hendesedetekteringskriterium på detekteringstraser valgt fra blant alle registrerte traser ved definering av en

30

analysefunksjon (E, A) som anvendes på detekteringsintervallet (PI<sub>d</sub>), idet nevnte funksjon sender tilbake en verdi kalkulert i detekteringsintervallet (PI<sub>d</sub>);

- detektering av en mikroseismisk hendelse når verdien til funksjonen (E, A) overstiger terskelen (S<sub>d</sub>); og

5 - lagring av signaler ved assosiering, med hver lagrede trase, av et klassifiseringsmerke definert i henhold til om hvorvidt de signaler som der er detektert helt og holdent korresponderer til en seismisk eller mikroseismisk hendelse, eller i en viss utstrekning er relatert til artefakter.

10 11. Innretning ifølge krav 10,  
karakterisert ved at de seismiske mottakere er hydrofoner eller geofoner eller akselerometre som er fordelt i minst én brønn gjennom formasjonen.

12. Innretning ifølge krav 11,  
15 karakterisert ved at de seismiske mottakere er forbundet med formasjonen ved hjelp av en væske eller sement, mekaniske koplingsanordninger eller ved magnetisering.

13. Innretning ifølge et av krav 10-12,  
20 karakterisert ved at den omfatter minst én overføringskabel som forbinder de seismiske mottakere (R<sub>k</sub>) til en registreringsinnretning (6).

14. Innretning ifølge et av krav 10-13,  
25 karakterisert ved at den omfatter datamottaksanordninger og/eller dataoverføringsanordninger som bruker en teknologi som er basert på optiske fibre.

15. Innretning ifølge et av kravene 10-14,  
30 karakterisert ved at den omfatter anordninger for å sperre flere registreringstraser for kun å velge seismiske hendelser som ikke er forårsaket av kilden eller for å forhindre metning av registreringsinnretningen (6).

1/3

FIG.1

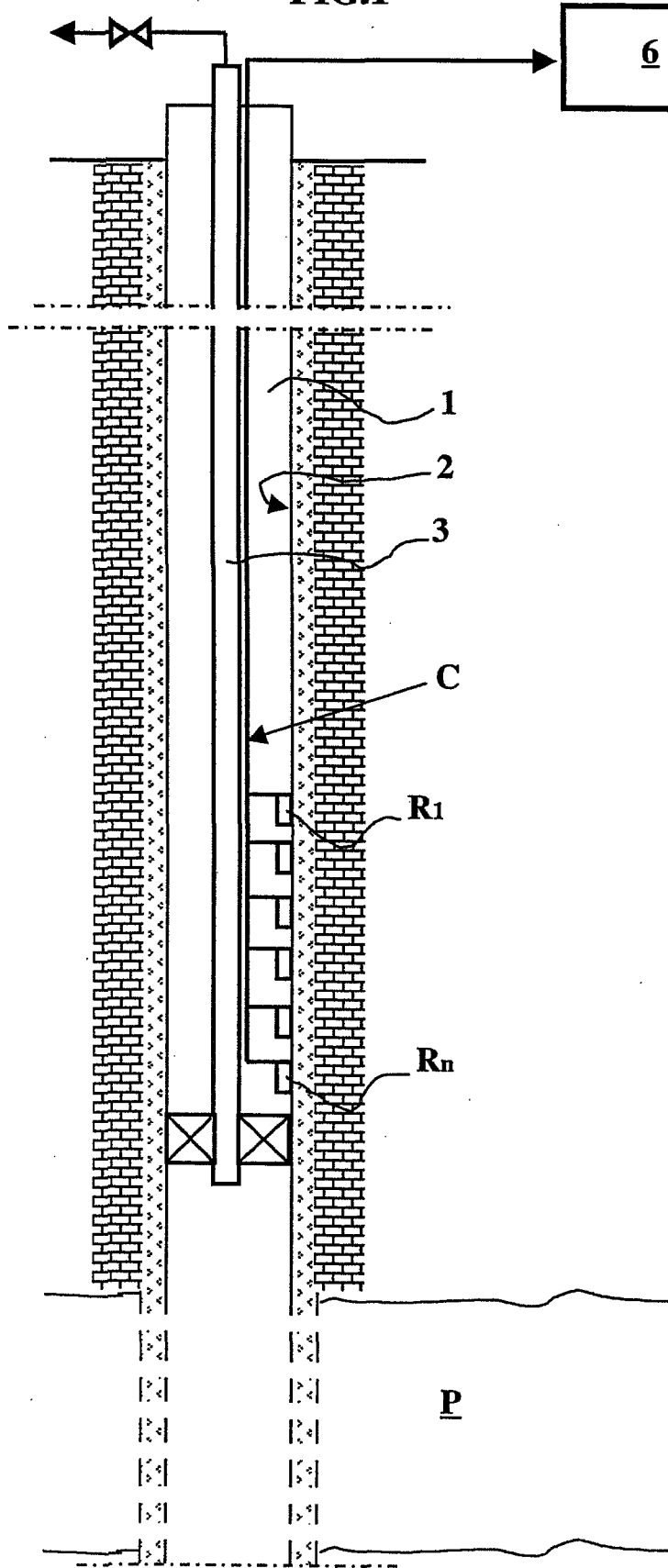
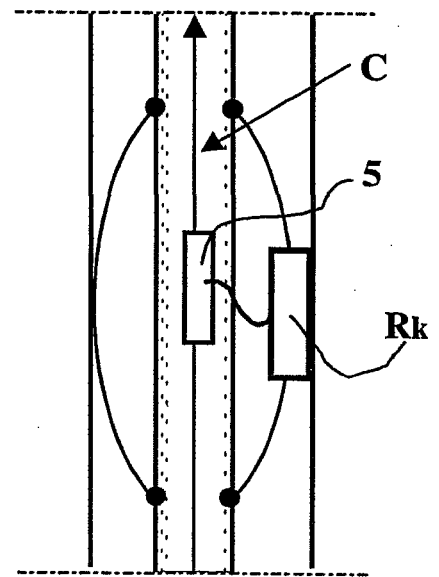


FIG.2



2/3

FIG.3

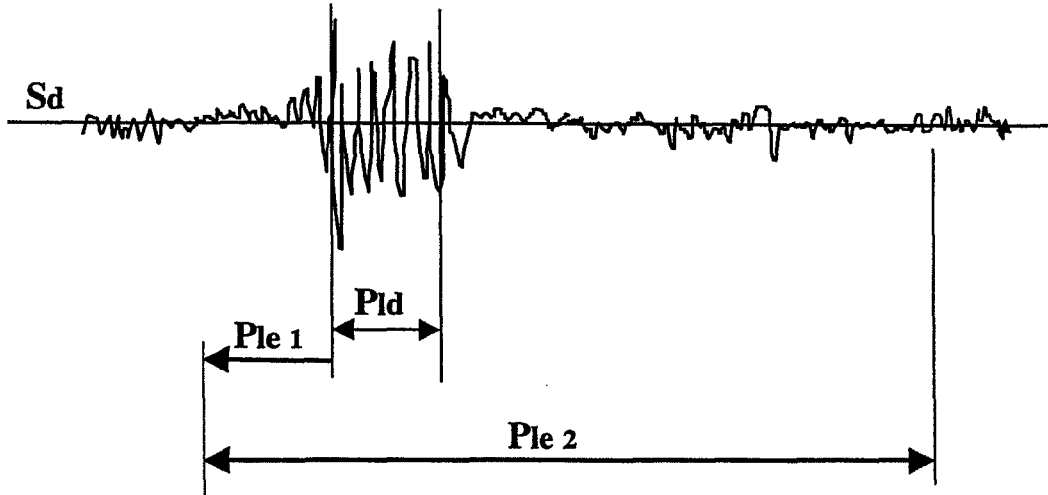


FIG.4

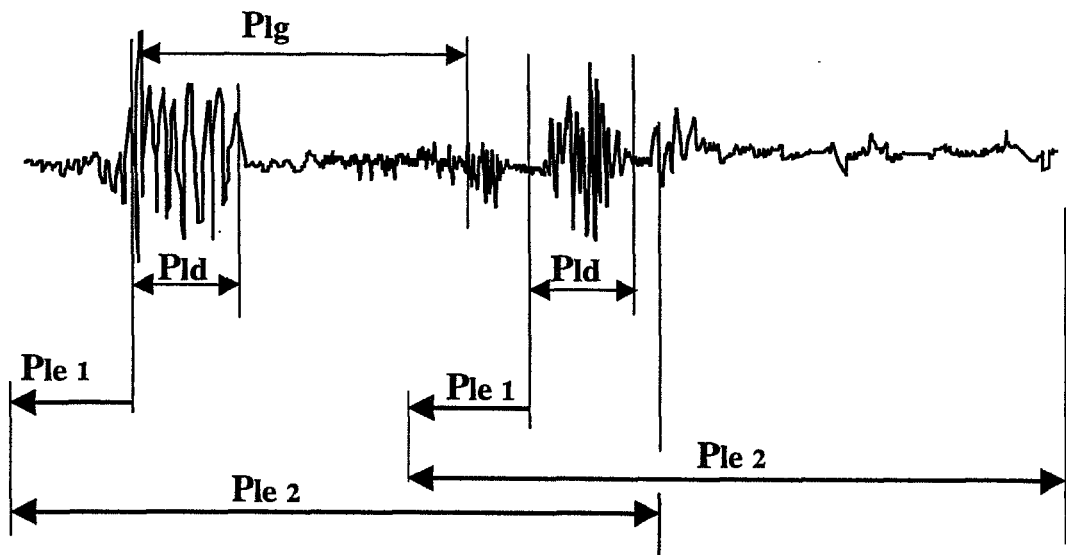


FIG.5

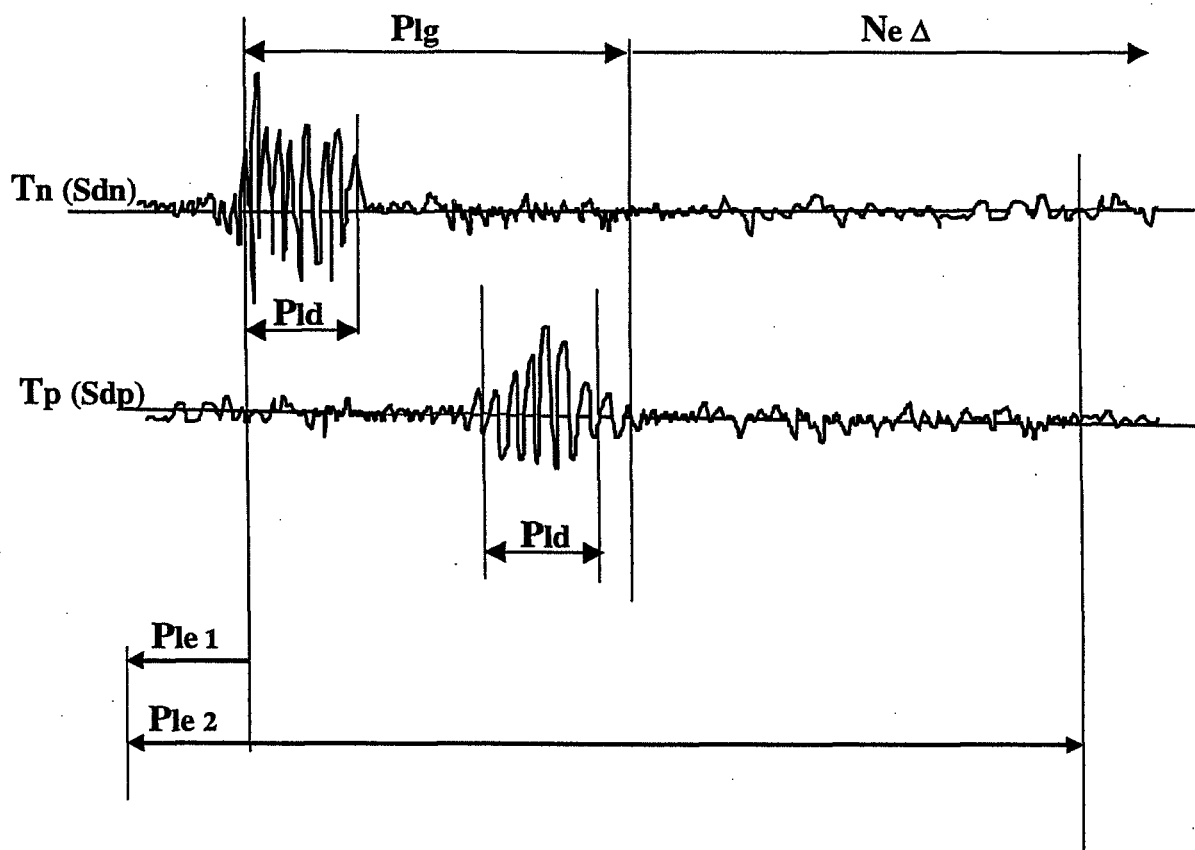


FIG.6

