

Klimaatreconstructie: Experimenten, Modellen en Complexiteit

1 Contactinformatie

1.1 Woordvoerder:

Dr. Fjo De Ridder

Departement ELEC: Algemene Elektriciteit en Instrumentatie

Team B: System identification and parameter estimation of linear and nonlinear systems

Tel.: 02.629.36.64

Fax: 02.629.28.50

E-mail: federid@vub.ac.be

1.2 Promotoren:

Prof. Frank Dehairs

Departement ANCH

Tel.: 02.629.32.60

Fax: 02.629.32.74

E-mail: fdehairs@vub.ac.be

Prof. Rik Pintelon

Departement ELEC

Tel.: 02.629.29.40

Fax: 02.629.28.50

E-mail: Rik.Pintelon@vub.ac.be

Prof. Willy Baeyens

Departement ANCH

Tel.: 02.629.36.02

Fax: 02.629.32.74

E-mail: wbaeyens@vub.ac.be

Prof. Johan Schoukens

Departement ELEC

Tel.: 02.629.29.40

Fax: 02.629.28.50

E-mail: johan.schoukens@vub.ac.be

2 Expertise en draagkracht van de participerende VUB-onderzoeksteams

2.1 Draagkracht van ANCH en ELEC

Beide zijn succesvol gelanceerd ter gelegenheid van twee GOA projecten:

- ✓ GOA22: Redistribution of atmospheric CO₂ in the ocean's interior via the biological pump: to what extent can top-down and bottom-up approaches converge?; 2001-06; Willy Baeyens (promoter);
- ✓ GOA23: IliNoS; 2001-06; Johan Schoukens (promoter).

Onderstaande tabel vat de activiteiten van beide departementen in de periode 2000 t.e.m. 2004 bondig samen:

	ANCH	ELEC
Aantal publicaties in internationale tijdschriften	90	89
Aantal deelnames aan internationale conferenties	61	182
Aantal afgelegde doctoraten	11	15

2.2 Expertise departement ANCH: milieu, klimaat en gezondheid

De onderzoeksactiviteiten liggen in het domein van de milieuwetenschappen, “global change” en de invloed van vervuiling op de gezondheid. De expertise van ANCH is opgesplitst in vier domeinen:

- ✓ Stabiele isotoop metingen;
- ✓ Spoorelement metingen;
- ✓ Biomineralizatie;
- ✓ Ontwikkelen van modellen.

Meer specifiek worden aquatische ecosystemen, zoals oceanen, kustregios, rivieren en meren, de relatie tussen milieu en gezondheid en voedselveiligheid onderzocht. Het onderzoek wordt opgesplitst in

- ✓ Ontwikkeling van analytische instrumentatie;
- ✓ Studie van de koolstof- en stikstofluxen in de oceanen en langs de kustregios;
- ✓ Archievering van klimaatveranderingen;
- ✓ Spoorelement biogeochemie;
- ✓ Omgeving-gezondheidsrelaties.

2.3 Expertise departement ELEC: modelleren van met ruis verstoorde metingen

De onderzoeksactiviteiten richten zich voornamelijk op de ontwikkeling van nieuwe meettechnieken, gebruikmakend van geavanceerde signaalverwerkingsmethoden binnen de systeemidentificatie. De systeemidentificatie biedt een systematische aanpak voor het optimaal fitten van wiskundige modellen op experimentele data. Het kan gezien worden als de moderne variant van het meetprobleem.

Iedere meting (of identificatie) kan in een aantal stappen opgesplitst worden:

- ✓ Verzamelen van informatie over het systeem;
- ✓ Selectie van een niet parametrische model om de structuur van het systeem te representeren;
- ✓ Selectie van parametrisch model;
- ✓ Selectie en optimalisatie van de parameters om het model op de metingen te fitten;
- ✓ Validatie van het model.

Dit wordt toegepast op een brede waaier van vakgebieden, zoals bvb. elektrische machines, elektronische schakelingen, trillende structuren of chemische processen.

Deze expertise is terug te vinden in twee handboeken geschreven door de promotoren van ELEC:

- ✓ Identification of linear systems: a practical guideline to accurate modeling, Johan Schoukens en Rik Pintelon, Pergamon Press, London, 1991.
- ✓ System Identification: a frequency domain approach, Rik Pintelon en Johna Schoukens, IEEE press, Piscataway, NJ, 2001.

2.4 Expertise op het vlak van interdisciplinair onderzoek

2.4.1 Curriculum van de woordvoerder

Zie bijlage I.

2.4.2 Input van ANCH in ELEC: technologische meerwaarde

De identificatietheorie wordt hier toegepast onder extreme omstandigheden (bvb. veel parameters en relatief weinig metingen, dure en tijdrovende meetprocedures,...). Dit wijkt af van de klassieke ELEC ervaring met veel metingen en weinig parameters. Alsdus creëert deze samenwerking een belangrijke input voor de verdere ontwikkeling van de systeemidentificatie:

- ✓ Reductie van Gibbs fenomeen [De Ridder et al., 2004 B, De Ridder et al., in press];
- ✓ Modelselectie criteria voor korte meetsets, met en zonder ruisinformatie [De Ridder et al., 2004 C, De Ridder et al., 2005];
- ✓ Verbeterde modelselectiecriteria metingen met ruisinformatie en in het bijzondere geval zonder vrijheidsgraden [de Brauwere et al., in press B].

2.4.3 Input van ELEC in ANCH: wetenschappelijke meerwaarde

De systematische aanpak van modelleringsproblemen binnen de milieuproblematiek in het kader van de systeemidentificatie heeft tot hiertoe geleid tot

- ✓ Verbeterde calibratie van het ICP-MS meetinstrument [De Ridder et al., 2002];
- ✓ Accurater schatting van de tijdsbasis in omgevingsarchieven [De Ridder et al., 2004 A en B];
- ✓ Verbeterde parameterschatting voor de siliciumcyclus door het in rekening brengen van input ruis [de Brauwere et al., in press A];
- ✓ Berekenen van interjaarlijkse variaties in groeisnelheid voor mangroves [Verheyden et al., in press];
- ✓ Statistische analyse van zware metalen in het Balaton meer [Nguyen et al., in press];
- ✓ Studie van temperatuursreconstructie a.d.v. bivalves [Gillikin et al., in press].

2.4.4 Overige resultaten van samenwerkingen tot op heden

De expertise op het gebied van signaalverwerking is aanwezig op de VUB in het departement ELEC en vier jaar geleden is een eerste samenwerking met het departement ANCH opgezet om deze kennis ingang te laten vinden in de milieuwetenschappen. Deze samenwerking heeft ondertussen geresulteerd in een doctoraat [De Ridder, 2004 (ELEC-ANCH)] en in twee licentiaatsthesisen:

- ✓ **Anouk de Brauwere**, “Interpretation of optimisation algorithms applied to biogeochemical models”, Master in Chemistry, promotor: Willy Baeyens, co-promotor: Johan Schoukens, 2002-03, behaalde prijzen:
 - Prijs van de Wetenschappen, VUB, 2003;
 - KVCV-jongerenprijs 2003;
 - VLIZ aanmoedigingsprijs 2004.
- ✓ **Nele Schmitz**, “Onderzoek naar de relatie tussen omgevingsparameters en houtanatomische attributen”, Master in Biology, promotor: Nico Koedam, 2003-04, behaalde prijs:
 - Prijs van de Wetenschappen, VUB, 2004.

Beide zetten momenteel hun onderzoek verder in een doctoraat, zie bvb. [Anouk De Brauwere, in press A en B]. Anouk de Brauwere wordt nog hierin nog steeds door ons begeleid. Anderzijds trachten we ook samenwerkingen uit te bouwen met andere doctoraatsstudenten, zoals bvb.

- ✓ **Anouk Verheyden**, APNA [Verheyden et al., in press];
- ✓ **David Gillikin**, ANCH [Gillikin et al., in press];
- ✓ **Guillemette Joly**, EPHE-ULB [Joly-Turquin et al., in voorbereiding];
- ✓ **Bert Desmedt**, DGGF i.v.m. numerieke conditionering van gletsjermodellen;
- ✓ **Baharak Bashar**, GEOL, samenwerking spectrale interpretatie van stabiele isotopen gemeten in sclerosponges.
- ✓ **Wim Leekens** (Department of Earth Science, University of Bergen, Noorwegen): toepassen van modelselectie op de interpolatieproblematiek van koolstofdateringen en spectrale interpretatie van sediment-data;
- ✓ **Miriam Pfeiffer** (Leibniz Institut für Meereswissenschaften. IFM-GEOMAR, Kiel, Duitsland): constructie van een tijdsbasis voor een stabiele zuurstofisotopen reeks gemeten op koraal [De Ridder et al., in voorbereiding].

Dit HOA project zal gebruikt worden om licentiaatsthesisen te begeleiden, om een positieve inbreng te hebben in andere doctoraatsonderzoeken en om al deze samenwerkingen op een structurele manier te onderbouwen.

2.5 *Nationale en Internationale samenwerkingen die betrekking hebben op dit onderzoek*

2.5.1 Projecten gerelateerd aan deze HOA

- ✓ EUROCEANS (FP6 Network of Excellence)
EUXX -- 01.01.2005-31.12.2008; (ANCH, ELEC)
- ✓ PaleoSalt
FWO- ESF-EUROCORES-EUROCLIMATE
G.0642.05 01.01.2005-31.12.2007 (ANCH-ELEC-GEOL)
- ✓ Biogeochemical carbon-, nitrogen-and phosphorus fluxes in the North Sea.
DWTC108 — 1.2.2002-30.4.2006 (PODO); Willy Baeyens (promoter)

- ✓ Assessing the sensitivity of the Southern Ocean's biological pump to climate change. DWTC65 — 1.12.2000-28.2.2005 (PODO); Frank Dehairs (promoter)
- ✓ Validation of alternative marine calcareous skeletons as recorders of global climate change. DWTC70 — 1.12.2000-28.2.2005 (PODO); Frank Dehairs (promoter)
- ✓ Koolstofexport en heterotrofe afbraak van planktondebris in de oceaan. FWOAL272 — 1.1.2004-31.12.2007; Frank Dehairs (promoter), Willy Baeyens (copromoter), Marc Elskens (copromoter), Nicolas Savoye (copromoter)

2.5.2 Internationale collaboraties

- ✓ Barium biogeochemistry in the Southern Ocean
Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire de Biogéochimie et Chimie Marines, UMR 7094 CNRS; Observatoire Midi-Pyrénées, LEGOS, UMR 5566, CNES/CNRS/IRD/UPS; Laboratoire des Mécanismes de Transfert en Géologie, Université Paul Sabatier Toulouse & CNRS; Oregon State University, OR, USA.
- ✓ Biogenic carbonates as archives of environmental change
Centre IRD Ile de France, UR055 IRD – PALEOTROPIQUE, France; Institut Universitaire Européen de la Mer, LEMAR, UMR 6539 CNRS, Technopole Brest-Iroise, Brest, France; Division of Marine Geology and Geophysics, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Miami, Florida, U.S.; Laboratoire de Biologie Marine, Université Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium; Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Belgium; Deptm. of Geochemistry, Royal Museum for Central Africa, Tervuren, Belgium; Ecophysiology, Biochemistry and Toxicology Group, Dept. of Biology, Universiteit Antwerpen, Antwerp, Belgium; Alfred Wegener Institut, Bremerhaven.

2.5.3 Collaboraties in het kader van dit HOA project

- ✓ Philippe Huybrechts en Bert Desmedt, DGGF-VUB, zullen met hun expertise bijdragen aan de implementatie van de ijsaccumulatiemodellen (zie '3.5.3 Koppeling van klimaatparameters aan fysische modellen' op pagina 8).
- ✓ Marie-France Loutre en André Berger, UCL, zullen met hun expertise bijdragen aan de implementatie van een klimaatmodel van intermediare complexiteit (zie '3.5.3 Koppeling van klimaatparameters aan fysische modellen' op pagina 8).
- ✓ Didier Paillard, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette, Frankrijk, zal met zijn expertise bijdragen aan de implementatie van enkele simpele klimaatmodellen (zie '3.5.3 Koppeling van klimaatparameters aan fysische modellen' op pagina 8).
- ✓ Voorts zal er ook een samenwerking uitgebouwd worden met de leden van CALMAR's (samenwerking tussen Royal Belgian Institute of Natural Sciences, V.U.B., Royal Museum for Central Africa, U.L.B., U.A.) en met ESF-FWO: Euroclimate: PaleoSalt (samenwerking tussen Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research; Universiteit Utrecht; Royal NIOZ; V.U.B.; Koninklijk Museum voor Midden Afrika; Université d'Angers, Physikalisches Institut der Universität Münster, Université de Bretagne Occidentale; Universitat de Barcelona) in het kader van '3.5.1 Constructie van de tijdsbasis en eliminatie van systematische fouten' en '3.5.2 Koppeling van multi-proxy archieven aan omgevingsparameters' op pagina 7.

3 Beknopte omschrijving van het project

3.1 Concrete doelstelling van dit project

Het hoofddoel van voorliggende aanvraag is het ontwikkelen van technieken om de informatie gevat in omgevingsarchieven om te zetten naar bruikbare klimaatinformatie: wat vertelt de gemeten variatie in een archief ons over de complexiteit van het achterliggende fysische klimaat? Concreet zal er een fundamentele bijdrage geleverd worden op vijf niveaus:

- ✓ de vervorming van de tijdsbasis;
- ✓ eliminatie van systematische fouten;
- ✓ koppeling van omgevingsarchieven aan klimaatparameters;
- ✓ koppeling van klimaatparameters aan fysische klimaatmodellen;
- ✓ verbetering van bestaande kennis m.b.t. CO₂ opname door de oceanen.

Om dit doel te bereiken, zullen alle stappen, vanaf het verzamelen van data tot en met de modelselectie nauwkeurig op elkaar afgestemd worden en zal de propagatie van mogelijke model- en meetfouten geanalyseerd worden. Daarvoor zullen methoden uit de systeem-identificatie (signaalverwerking en informatietheorie; zie bvb. [Pintelon en Schoukens, 2001]) gecombineerd worden met de expertise uit het vakgebied.

3.2 Lange termijn doelstelling

Eén van de lange termijn doelstellingen is dan ook het uitwisselen van kennis tussen de ingenieurs- en de milieuwetenschappen. Dit zal gebeuren door enkele probleemstellingen uit de departementen ANCH en DGGF te analyseren in het kader van de systeem identificatie, om zo een maximum aan informatie uit de data te halen. Dit gebeurt enerzijds door ons onderzoek en anderzijds door het op- en begeleiden van doctoraat- en thesisstudenten. Deze problemen vormen nieuwe uitdagingen voor het fundamentele identificatieonderzoek.

3.3 Maatschappelijke relevantie

Een van de domeinen waar de publieke opinie de evolutie van de wetenschap van nabij volgt is het onderzoek naar de antropogene invloed op het klimaat. Zo vind je iedere week wel artikels in de krant die mekaar overtreffen in catastrofale rampen die ons te wachten staan. De wetenschappelijke consensus hierrond wordt samengevat in I.P.C.C. rapporten, waarop bvb. het Kyoto-verdrag gebaseerd is. Recent zijn echter enkele artikels verschenen die aantonen dat op zijn minst een deel van deze wetenschappelijke consensus op slordige data-verwerking gebaseerd is [McIntyre and McKittrick; 2005]. Zulke tekortkomingen illustreren de noodzaak van een gefundeerde signaalverwerking in de klimaatwetenschappen.

3.4 Probleemstelling

Om het toekomstige klimaat op aarde te voorspellen en om de natuurlijke van de menselijke invloed te kunnen onderscheiden, is een goed klimaatmodel vereist. De huidige trend is om de complexiteit van klimaatmodellen op te drijven en zo tot een “meer realistisch model” te komen, terwijl een “goed model” niet noodzakelijk gelijk staat aan het meest complexe of complete model. Het moet, integendeel, die optimale complexiteit bezitten die door de experimentele metingen ondersteund wordt. Het zal de observaties goed genoeg beschrijven om alle significante variatie te kunnen vatten, maar ook weer niet té goed om te vermijden een deel van de stochastische meetruis mee wordt gemodelleerd.

Stel, bijvoorbeeld, dat een extra process mee in rekening wordt gebracht, dan is hiermee een set parameters én parameter onzekerheden geassocieerd. De parameters zullen voor een betere klimaatreconstructie zorgen, terwijl de onzekerheden de voorspellende kracht van het model doen afnemen. Een hogere complexiteit kan dus nadelig zijn voor een model. Kortom, een eerste stap naar het vinden van een betrouwbaar klimaatmodel is het definiëren van zijn optimale complexiteit: het balanceren tussen over- en ondermodelleren. Omdat de dienst ANCH o.a. het klimaat op een experimentele wijze reconstrueert (vertrekkende van omgevingsarchieven), wordt hier een aanpak voorgesteld die de data laat beslissen welke complexiteit gekozen wordt. De systeemidentificatie is hiervoor een uitstekend instrument. Het laat immers toe deze modelcomplexiteit te selecteren, die bvb. de predictiecapaciteit [Akaike, 1974] of de fysische interpretatie [Rissanen, 1978] gemaximalizeert. Daarenboven geeft de identificatie ook een betere toegang tot moeilijk te meten parameters.

3.5 Methodologie

3.5.1 Constructie van de tijdsbasis en eliminatie van systematische fouten

Een proxy of omgevingsparameter wordt niet rechtstreeks als functie van de tijd gemeten, maar langs een groei-as (aangroeirichting op een schelp of koraal, de accretierichting in ijskernen of sedimenten, etc...). Een eerste probleem dat zich stelt en dat reeds gedeeltelijk is opgelost voor archieven met een jaarlijkse resolutie, is de niet lineaire omzetting van deze afstandsreeks naar een tijdsreeks [De Ridder, 2004 A en B]. Hiervoor hebben we een technologie, ontwikkeld voor de calibratie van hoogfrequente meetapparatuur (10e+6 Hz) toegepast op omgevingsarchieven (10e-13 Hz).

Een bijkomende complicatie is dat er door de bemonsteringstechniek zelf een tijdsuittmiding gebeurt, die het proxy-sigitaal verandert: voor de meting van proxies wordt een klein volume materiaal bemonsterd en de concentraties aan spoorelementen en isotopen binnen dit volume wordt gemeten. Wanneer de aangroei-snelheid groot is, zullen de concentraties binnen dit volume weinig variëren. Wanneer echter de groeisnelheid klein is, zal het uitmiddelings-effect over dit volume een grote invloed hebben. In schelpen, bvb., varieert de groeisnelheid sterk met het seizoen en met de leeftijd van het individu [Gillikin et al., in press]. Omdat de analyse van proxies in schelpen één van de onderwerpen van het ESF: Euroclimate PaleoSalt project is, zal dit luik uitgevoerd worden i.s.m de leden van dit opstartende project. Resultaten mogen verwacht worden in het tweede jaar, wanneer data voorhanden komen.

Het resultaat van deze studie zal een correctiefactor voor dit uitmiddelings-effect zijn. Deze correctie kan enkel gebeuren indien de groeisnelheid nauwkeurig geschat is. Een precieze methode voor deze schatting werd ontwikkeld tijdens het doctoraatsonderzoek van Fjo De Ridder.

3.5.2 Koppeling van multi-proxy archieven aan omgevingsparameters

Nu we over goede tijdsseries voor de proxies beschikken kan er gekeken worden naar transferfuncties die deze proxies relateren aan omgevingsparameters. Dit onderzoek zal gebeuren i.s.m. andere vorsers uit België en Europa in het kader van lopende (CALMAR's) een opstartende projecten (PaleoSalt, ESF-FWO: Euroclimate). Eén der objectieven van deze projecten is het ontwikkelen van een methode voor de reconstructie van saliniteit en temperatuur van een aquatische omgeving. Momenteel is er namelijk geen proxy bekend die specifiek is voor saliniteit

of temperatuur van het milieu; alle gekende proxies worden door beide beïnvloed. In plaats van deel te nemen aan de zoektocht naar nieuwe proxies die specifiek zouden zijn voor saliniteit of temperatuur, is het de bedoeling om de informatie gevat in de bestaande waaier aan proxies (zoals $\delta^{18}\text{O}$, δD , Mg/Ca ,...) simultaan in rekening te nemen om aldus de saliniteit- en temperatuursconditie van een bepaalde omgeving te reconstrueren. Bij deze aanpak stellen zich meteen twee belangrijke vragen:

- ✓ welke klimaatsparameters kunnen gereconstrueerd worden vertrekkende van een bepaalde set van proxies (temperatuur, saliniteit, pH, licht intensiteit, ...)?
- ✓ Wat is de gewenste complexiteit van de transferfuncties (lineaire of nietlineaire statische modellen, aanwezigheid van geheugeneffecten, ...)?

Binnen het domein van de systeem-identificatie bestaat een uitgewerkt kader dat dit type problemen kan oplossen (zie [Pintelon en Schoukens, 2001, Schmitz, 2004]), waarbij rekening gehouden wordt met de kwaliteit van de gegevens en met de complexiteit van het onderliggende model. Ook dit luik zal worden uitgewerkt in het tweede jaar (i.s.m. de leden van het ESF: PaleoSalt project).

3.5.3 Koppeling van klimaatsparameters aan fysische modellen

In dit derde luik zal nagegaan worden hoe deze experimentele klimaats-informatie gebruikt kan worden voor het valideren van verschillende fysische uitgangshypothesen (klimaatsmodellen). Met dit luik zal gestart worden in de lente van 2005 en het zal het grootste gedeelte van het eerste jaar in beslag nemen.

Om deze experimentele klimaatsreconstructie te kunnen vergelijken met een klimaatsmodel, moet eerst een gemeenschappelijke tijdsbasis opgesteld worden. Omdat experimentele dateringsmethoden niet, of moeilijk, kunnen worden toegepast op bepaalde archieven (bvb. ijskernen), zal hier de tijdsbasisdistortiemethode opnieuw worden toegepast [De Ridder et al., 2004 A en B]. Momenteel moet het signaalmodel een periodieke component (bvb. jaarlijkse variaties) bevatten om de tijdsbasisdistortie te kunnen opstellen. Omdat deze eis te streng is voor veel archieven, zal de methode hier uitgebreid worden naar niet-periodieke, gekende signaalmodellen. Hiervoor zullen enkele simpele klimaatsmodellen gebruikt en vergeleken worden a.h.v. modelselectiecriteria uit de informatietheorie [Berger en Loutre, 1991; Paillard, 1998]. Met dit luik zal opgestart worden i.s.m. D. Paillard, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette, Frankrijk.

Een alternatieve kijk op het dateringsprobleem is een koppeling van het diepteprofiel aan een sneeuwaccumulatiemodel, waarvoor de "knowhow" aanwezig is op het departement DGGF-VUB. Zowel het klimaatmodel als het accumulatiemodel zullen in grote lijnen tot een goede tijdsbasis kunnen komen, maar beide vertonen ook verschillen en modelfouten en zijn daarenboven beide gevoelig voor meetruis. De aanpak die hier wordt voorgesteld, zal beide modellen en alle experimentele informatie (t.t.z. de gereconstrueerde temperatuur en het diepte profiel) koppelen in een schatter en zo de modelfouten en meetfouten deels uitmiddelen. Hiervoor zal opnieuw een tijdsbasisdistortie worden opgesteld, waarvan het aantal basisfuncties, en dus de complexiteit, eens te meer bepaald wordt door de kwaliteit van de experimentele data en niet door de vorser.

Eén archief verbergt enkel lokale informatie over het klimaat. Wanneer verschillende archieven gecombineerd worden, kan de ruis geïdentificeerd en gefilterd worden en kan spatiale klimaatsvariatie mee in rekening gebracht worden [Lisiecki en Raymo, 2005]. Het probleem dat zich hier stelt is de (relatieve) datering van de verschillende archieven. Dit wordt opgelost door

deze te koppelen één, nog steeds simpel, klimaatsmodel en eventueel ook aan een accumulatiemodel, zoals beschreven is in de vorige paragraaf.

Deze studie zal op middellange termijn resulteren in

- ✓ modelvalidatie in termen van de informatietheorie en onafhankelijk van gekozen tijdsbasis en
- ✓ een tijdsbasis voor enkele (gekoppelde) archieven.
- ✓ wat is het ideaal aantal gridpunten of basisfuncties voor het oplossen van de simulaties?
- ✓ waar op Aarde zal een archief de grootste bijdrage leveren aan de verfijning van klimaatpredictie/reconstructie?
- ✓ Welke processen worden ondersteund door de data (quantitatieve formulering)?
- ✓ welke experimentele variatie valt buiten het bereik van een model, onafhankelijk van de gekozen tijdsbasis? En
- ✓ welk model geeft de kleinste predictiefout (gebaseerd op gekoppelde experimentele archieven)?

3.6 Modellerings van de koolstofafvoer en mineralisatie

Dit luik, dat past in de lange termijn doelstelling van dit HOA project en dat wordt uitgevoerd door Anouk de Brauwere, beoogt de verdere ondersteuning van een recentelijk gestarte ontwikkeling van modellerings expertise binnen de eenheid ANCH. Het heeft als doel om de modellen die de biologische afvoer van CO₂ uit de oceanische oppervlakttemenglaag en de mineralisatie hiervan in de diepzee, te valideren en robuster te maken.

Metingen verzamelen voor dit soort modellen is duur en tijdrovend (er moeten campagnes gevoerd worden op o.a. de Zuidelijke Oceaan, de Subtropische en Arctische Stille Oceaan, etc...).

Om opnieuw een maximum aan bruikbare informatie uit deze metingen te kunnen halen zullen een aantal verbeteringen worden doorgevoerd:

- ✓ het model wordt geparametriseerd, zodat meetruis kan worden uitgemiddeld;
- ✓ de schatter wordt verfijnd, zodat ook input ruis in rekening wordt gebracht [De Brauwere et al., in press]; en
- ✓ de keuze van de basisfuncties en het aantal parameters wordt bepaald a.d.v. informatiecriteria.

4 Aangevraagde middelen

Tot hiertoe is de samenwerking tussen de departementen ELEC en ANCH betaald met eigen middelen (o.a. A.A.P. positie) en via een aspirantenmandaat bij het FWO voor Anouk De Brauwere. De bedoeling van deze aanvraag is om dit interdisciplinaire proefproject te laten doorgroeien en financieel onafhankelijk te maken.

4.1 Besteding Budget

- ✓ Eerste jaar 2005-06
 - Academisch personeel
 - **Doctor-Assistent** **68.441 €**
De synergie tussen de departementen ANCH en ELEC is voornamelijk een gevolg van het doctoraat dat beide diensten ondersteund en gefinancierd hebben. Dit doctoraat is afgelopen, en met deze positie van Doctor-assistent hopen we de samenwerking te kunnen voortzetten.
 - **Assistent (doctoraatsbeurs)** **28.828 €**
Op een langere termijn is het onze bedoeling om de groep onderzoekers te verzamelen, en in een tweede stap hadden we naast Anouk de Brauwere graag nog een vorser aangetrokken.
 - Werkingskosten **2.731 €**
- ✓ Tweede jaar 2006-07
De kosten in het tweede jaar zullen identiek zijn aan deze in het eerste jaar.
 - Academisch personeel
 - **Doctor-Assistent** **68.441 €**
 - **Assistent (doctoraatsbeurs)** **29.693 €**
 - Werkingskosten **1.866 €**
- ✓ Totaal **200.000 €**

4.2 Externe financiering

ANCH en ELEC zitten gezamenlijk in het **ESF-FWO: Euroclimate, PaleoSalt** project. Via dit project kunnen de werkings- en reiskosten betaald worden ter waarde van **12.000 €** per jaar. Voorts zijn beide departementen geassocieerd aan het **FP6 Network of Excellence "EUROCEANS network of excellence"**. Via deze associatie kunnen een deel van de reiskosten gefinancierd worden (ongeveer **12.000 €** gespreid over 3 jaar).

Het doctoraat van Anouk de Brauwere wordt gefinancierd door het FWO, via een **aspirantenmandaat**. Dit project sluit deels aan bij de problematiek die in het GOA project (**GOA22**) behandeld wordt.

5 Bijlage I: Curriculum van de woordvoerder

5.1 Publicaties in tijdschriften of boeken met leescomité, verschenen of 'in press'

5.1.1 Analytische en fysische scheikunde

1. De Ridder F., Deriemaeker L., Coppens P. en Finsy R., Shape and Size Determination by Laser Diffraction: Feasibility of Data Analysis by Physical Modelling, Particle and Particle Systems Characterization, 17, 2000, pp. 195-205 (Impact factor: 0.605).

2. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., Navez J., André L. en Dehairs F., An Improved Multiple internal Standard Normalisation for the Drift in LA-ICP-MS Measurements, Journal of Analytical Atomic Spectrometry 17, 2002, pp. 1461-1470 (Impact factor: 3.200).

5.1.2 Technologie

3. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Gillikin D.P., Modified AIC and MDL Model Selection Criteria for Short Data Records, IMTC 2004 – Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2004, pp. 1713-1717.

4. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Verheyden A., Reduction of the Gibbs Phenomenon in the Special Case of Non-Harmonic Time Base Distortions IMTC 2004 – Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2004, pp. 318-321.

5. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Verheyden A., Two models for characterizing a non-harmonic time base distortion, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements, in press (Impact factor: 0.703).

6. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Gillikin D.P., 2005. Modified AIC and MDL model selection criteria for short data records, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements, Vol. 54 (1), pp. 144-150 (Impact factor: 0.703).

7. de Brauwere A., De Ridder F., Pintelon R., Elskens M., Schoukens J. en Baeyens W. Model selection through a statistical analysis of the minimum of a Weighted Least Squares cost function. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, in press (Impact factor: 2.229).

5.1.3 Ecologie, Geologie en Biologie

8. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., Gillikin D.P., André L., Baeyens W., De Brauwere A. en Dehairs F., 2004. Decoding Non-linear growth rates in biogenic archives, Geochemistry Geophysics and Geosystems, Vol. 5, No. 12, Q12015 (Impact factor: 2.623).

9. Nguyen N.L., Leermakers M.L., Elskens M., De Ridder F. en Baeyens W., Correlations, partitioning and bioaccumulation of heavy metals between different compartments of Lake Balaton, Science of the Total Environment, in press (Impact factor: 1.455).

10. de Brauwere A., De Ridder F., Elskens M., Schoukens J., Pintelon R. en Baeyens W. Refined parameter and uncertainty estimation when both variables are subject to error. Case study: Estimation of Si consumption and regeneration rates in a marine environment. Journal of Marine Systems, in press (Impact factor: 1.705).

11. Gillikin D.P., Ulens H., De Ridder F., Elskens M., Keppens E., Baeyens W. en Dehairs F.. Assessing the reproducibility and reliability of estuarine bivalve shells (*Saxidomus giganteus*) for sea surface temperature reconstruction: implications for paleoclimate studies. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, in press (Impact factor: 1.766).

12. Verheyden A., De Ridder F., Schmitz N., Beeckman H. en Koedam N., "High-resolution time series of vessel density reveal bi-modal distribution and correlation with climate variables in Kenyan mangrove trees", *New Phytologist*, in press (Impact factor: 3.118).

5.1.4 Vulgarizerende publicaties

13. De Ridder F., De Ridder D., Toepassingen van het ingenieurstechnieken op het milieu-onderzoek, V.Ir.Br-mail, oktober – november - december 2004, pp 30.

14. Willenz Ph. et al., "Kalkskeletten van mariene organismen als archieven van klimaatveranderingen", *Science Connection*, februari 2005, pp. 8-12.

5.2 Publicaties met leescomité, in voorbereiding

1. Joly-Turquin G., Guillou M., Leyzour S., Pernet Ph., De Ridder F., Dubois Ph. en Pintelon R., "Dynamic of energy allocation in natural populations of *Asterias rubens*, control by feeding and environmental conditions", in voorbereiding.

2. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., De Brauwere A. en Dehairs F., "Periodicity and Accretion Rate", in voorbereiding.

3. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., De Brauwere A. en Dehairs F. "A Comparative Study of the Time Base Construction Methods Used in Paleo-Environmental Archives", in voorbereiding.

4. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., De Brauwere A., Pfeiffer M., Dullo C. en Dehairs F., "Non-harmonically related frequencies in environmental archives", in voorbereiding.

5.3 Presentaties

5.3.1 Uitgenodigde lezingen

1. De Ridder, F., "An Improved Multiple Internal Standard Calibration for LA-ICP-MS Measurements", Koninklijk Museum voor Midden Afrika (L. André), augustus 2002.

2. De Ridder F., "Principal Component Analysis of TRA measurements", Koninklijk Museum voor Midden Afrika (L. André), januari 2003.

3. De Ridder F., Dehairs F. en Schoukens J., "Toepassingen van ingenieurstechnieken op het milieu onderzoek", Werfgesprekken, Vrije Universiteit Brussel (F. Callewaert), januari 2004.

4. De Ridder F., "Periodicity and Signalprocessing", AWI, Bremerhaven, Germany (J. Bijma), februari 2004.

5. De Ridder F. en Dehairs F., "Periodicity en Sclerosponges", Koninklijk Meteorologisch Instituut (E. Roulin), april 2004.

6. De Ridder F., "Identification of the Time Base in Environmental Archives", Université de Liège (G. Munhoven), september 2004.

5.3.2 Introductie lessen

1. "An Introduction to System Identification" in het hoorcollege "Analytical Chemistry (Prof. W. Baeyens)", 1st master in chemistry, 2001-2002, 2002-2003.

2. "Model selection and validation" in het hoorcollege "An Introduction to System Identification (Prof. J. Schoukens)", 2nd year master in engineering (telecom, photonica and electronics), 2004-2005.

5.3.3 Lezingen op conferenties

1. Ridder F., Schoukens J., Pintelon R., Navez J., André L. en Dehairs F., "An Improved Multiple internal Standard Calibration for LA-ICP-MS Measurements" proceedings of the 2nd International Conference on High-Resolution Sector field ICP-MS, Wenen, Oostenrijk, september 2001, pp. 78.

2. De Ridder F., "The variations in LA-ICP-MS measurements", Laser ablation-workshop, Utrecht, Nederland, juni 2002, pp 4.

3. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Gillikin D.P., "Modified AIC and MDL Model Selection Criteria for Short Data Records" IMTC 2004 – Instrumentation and Measurement Technology Conference, mei 2004, Como, Italië, pp. 1713.

4. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Verheyden A., "Reduction of the Gibbs Phenomenon in the Special Case of Non-Harmonic Time Base Distortions" IMTC 2004 – Instrumentation and Measurement Technology Conference, mei 2004, Como, Italië, pp. 318.

5.3.4 Poster Presentaties

5.3.4.1 Nationaal

1. De Ridder F., Verheyden A., Willenz P., Dehairs F., Schoukens J. en Pintelon R., "Internal normalization in LA-ICP-MS & Non-linear growth rates in Biota", Interuniversity attraction pole IAP V/22 - Study Day, Louvain-la-Neuve, november 2002, pp. 10.

2. De Ridder F., Schoukens J., Pintelon R., Baeyens W., André L. en Dehairs F., "Non-Linear growth rates of marine calcareous organisms and the problem of decoding the recorded environmental change signal", Vlaams Instituut voor de Zee young scientists' Day, Brugge, februari 2003, pp. 28.

3. De Ridder F., Schoukens J., Pintelon R., Baeyens W., André L. en Dehairs F., "Non-linear growth rates of marine calcareous organisms and the problem of decoding the recorded environmental change signal", Interuniversity Attraction Pole IAP V/22 - Study Day, Louvain-la-Neuve, mei 2003.

4. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., DeBrauwere A. en Dehairs F., Periodic signals: what are they telling us?, ESF-HOLIVAR training course 2004, Gent, juni 2004, pp. 44.

5.3.4.2 Internationaal

5. De Ridder F., Schoukens J., Pintelon R., Navez J., André L. en Dehairs F., “Reduction of the disturbing noise in the calibration of LA-ICP-MS measurements”, 3rd International Chemometrics Research Meeting, Eindhoven, Nederland, mei 2002, pp. 83.
6. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., André L., en Dehairs F., “An improved multiple internal standard normalization for drift in LA-ICP-MS Measurements”, 2004 Ocean Science Meeting, Portland, USA, januari 2004.
7. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., Gillilin D.P., André L., Baeyens W. en Dehairs F., “Decoding Non-linear growth rates in biogenic archives”, AGU 2004 Ocean Science Meeting, Portland, USA, januari 2004.
8. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., DeBrauwere A. en Dehairs F., Periodic signals: what are they telling us?, Palaeoclimate: reducing the uncertainties, Utrecht, Nederland, juli 2004.
9. De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., DeBrauwere A. en Dehairs F., Periodic signals: what are they telling us?, ESF-HOLIVAR workshop: Holocene climate variability and climate forcing, Luzerne, Zwitserland, september 2004.
10. De Ridder F., Schoukens J., Pintelon R., De Brauwere A. en Dehairs F., “Identification of the time base in environmental archives (NG41A-0424)”, American Geophysical Union Fall meeting, San Francisco, USA, december 2004.

5.3.5 Presentaties in het vooruitzicht

1. VLIZ jongerencontactdag 2005, 25 februari, Brugge.
2. De Ridder F., Pintelon, R., Schoukens, J., Gillikin, D.P., André, L., Baeyens, W., De Brauwere, A., Dehairs, F., “Decoding Nonlinear Growth Rates in Annually Resolved Archives”, General Assembly of the European Geosciences Union, 24-29 april 2005, Wenen, Oostenrijk.
3. IAP study day, 19 mei 2005, Luik.
4. Voordracht over wetenschap op de sporthumaniora Hasselt, ter promotie van de VUB. Lente 2005 (datum ligt nog niet vast).

6 Bijlage II: Bibliografie

Akaike H., 1974. A new look at the statistical model identification, IEEE Trans. on Automatic Control, vol. AC-19, pp. 716-723.

Berger A. and Loutre M.F., 1991. Insolation values for the climate of the last 1000000 years. Quaternary Science Reviews, 10(4), pp. 297-317.

de Brauwere A., De Ridder F., Elskens M., Schoukens J., Pintelon R. en Baeyens W., in press A. Refined parameter and uncertainty estimation when both variables are subject to error. Case study: Estimation of Si consumption and regeneration rates in a marine environment. Journal of Marine Systems.

de Brauwere A., De Ridder F., Pintelon R., Elskens M., Schoukens J. en Baeyens W., I press B. Model selection through a statistical analysis of the minimum of a Weighted Least Squares cost function. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems.

De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., Navez J., André L. en Dehairs F., An Improved Multiple internal Standard Normalisation for the Drift in LA-ICP-MS Measurements, Journal of Analytical Atomic Spectrometry 17, 2002, pp. 1461-1470.

De Ridder, F., 2004 A. Identification of the Time Base in Environmental Archives. Ph.D. thesis Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium, 244 p.

De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Verheyden A., 2004 B, Reduction of the Gibbs Phenomenon in the Special Case of Non-Harmonic Time Base Distortions, IMTC 2004 – Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp. 318-321.

De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Gillikin D.P., 2004 C, Modified AIC and MDL Model Selection Criteria for Short Data Records, IMTC 2004 – Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp. 1713-1717.

De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J, Gillilin D.P., André L., Baeyens W., De Brauwere A. en Dehairs F., 2004 D. Decoding Non-linear growth rates in biogenic archives, Geochemistry Geophysics and Geosystems, Vol. 5, No. 12, Q12015.

De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Gillikin D.P., 2005. Modified AIC and MDL model selection criteria for short data records, IEEE Mransactions on Instrumentation and Measurements, Vol. 54 (1), pp. 144-150.

De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J. en Verheyden A., in press. Two models for characterizing a non-harmonic time base distortion, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements.

De Ridder F., Pintelon R., Schoukens J., De Brauwere A., Pfeiffer M., Dullo C. en Dehairs F., “Non-harmonically related frequencies in environmental archives”, in voorbereiding.

Gillikin D.P., Ulens H., De Ridder F., Elskens M., Keppens E., Baeyens W. en Dehairs F., in press. Assessing the reproducibility and reliability of estuarine bivalve shells (*Saxidomus giganteus*) for sea surface temperature reconstruction: implications for paleoclimate studies.

Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology.

Joly-Turquin G., Guillou M., Leyzour S., Pernet Ph., De Ridder F., Dubois Ph. en Pintelon R., in preparation. Dynamic of energy allocation in natural populations of *Asterias rubens*, control by feeding and environmental conditions.

Lisiecki L and Raymo M.E., 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, Vol. 20, PA1003.

McIntyre S. and McKittrick R., 2005. Hockey sticks, principal components, and serious significance. *Geophysical research letters*, 32, L03710.

Nguyen N.L., Leermakers M.L., Elskens M., De Ridder F. en Baeyens W., in press. "Correlations, partitioning and bioaccumulation of heavy metals between different compartments of Lake Balaton", *Science of the Total Environment*.

Paillard D, 1998. The timing of Pleistocene glaciations from a simple multiple-state climate model. *Nature*, 391 (6665), pp. 378-381.

Pintelon R. and Schoukens J., 2001. *System Identification: a Frequency Domain Approach*, IEEE PRESS, New York.

Rissanen J., 1978. Modeling by shortest data description, *Automatica*, vol. 14, pp. 465-471.

Verheyden A., De Ridder F., Schmitz N., Beeckman H. en Koedam N., in press. "High-resolution time series of vessel density reveal bi-modal distribution and correlation with climate variables in Kenyan mangrove trees", *New Phytologist*.