



Ik heb het hierboven wel gezien / I have seen it above.
Foto/Photo: Bert Verveen.

HOE BERT VERVEEN EN IK BOIDAE PROBEERDEN TE BEGRIJPEN

HOW BERT VERVEEN AND ME TRIED TO UNDERSTAND BOIDAE

Em. Prof. dr. Tjard de Cock Buning

Daar lag hij dan, najaar 1974, grote Pyth, een python van circa vier meter, in een grote bak van zware blauwgroene hoekijzers met de contouren van een lange boerenschuur. Nou, ja niet zo groot natuurlijk, maar een behuizing van 2,5 x 0,8 x 0,6 m, in een doorsnee-academische werkkamer in de biologietoren aan de Kaiserstraat in Leiden, oogde zeker indrukwekkend. En dan heb ik het nog niet eens over het opgerolde lichaam, op sommige dagen prachtig iriserend, glanzend in het binnenvallend licht. Op andere dagen dof en vies. Grote Pyth was een knipoog naar onze hoogleraar Piet Dullemeijer. Hij was een hoogleraar die, behalve dat hij zijn vak functionele morfologie internationale allure gaf, ook bezig was met de filosofie van datzelfde vak en de geschiedenis van de biologie. Veel later, in 1986, toen ik een aantal jaren op het laboratorium van Bert Verveen kwam werken, hoorde ik pas dat deze python van hem was. Die werd uiteindelijk te groot om in de proefdierkamer van het Fysiologische Laboratorium aan de Wassenaarseweg te kunnen houden. De slang verhuisde daarom naar de Biologietoren, waar Piet hoogleraar-directeur was. Beide mannen vonden elkaar in hun interesse in slangen. Piet promoveerde op de bijzondere bouw van de kaken van *Vipera* (1956). Om er achter te komen wat de afhankelijkheidsrelaties zijn van de botjes rond de bek, is er gezocht naar een evolutionair experiment, een slangensoort met een extra functie in dat gebied. Die werd gevonden in de diergroep van de groefkopadders (Crotalinae). Die hebben twee putjes (pits) aan weerszijden van

Em. Prof. dr. Tjard de Cock Buning

There he lay, in the autumn of 1974, 'big Pyth', a python of about 4 meters in a large container of heavy blue-green corner irons with the contours of a long barn. Well, of course not that big, but a housing of 2.5 x 0.8 x 0.6 m is certainly impressive in an average academic office in the biology tower on the Kaiserstraat in Leiden, and I didn't even mention yet the rolled up body in the corner. During some days it was beautifully iridescent, shiny in the incoming light. Dull and dirty on other days. Big Pyth was a nod to our professor Piet Dullemeijer. He was a professor who, apart from giving his profession functional morphology international allure, was also concerned with the philosophy of that same profession and with the history of biology. Much later in, 1986 when I came to work at the laboratory of Bert Verveen for a number of years, it was only then I heard that this Python was his. Eventually, it became too big to manage him in the animal room of the Physiological laboratory on the Wassenaarseweg. Therefore, the snake moved to the Biology Tower, where Piet was Professor-Director. Both men found each other in their interest in snakes. Piet obtained his PhD on the special construction of *Vipera* jaws (1956). To find out what the dependency relationships are between the bones around the snout, an evolutionary experiment was searched for, a species of snake with an extra function in that area. This was found in the taxon of pit vipers (Crotalinae). These have two holes (pits) on either side of the head, between their eye and nostril. These are infrared-sensitive organs. Piet had already published in

de kop tussen hun oog en neusgat. Dat zijn infraroodgevoelige organen. Piet had in 1959 al gevonden dat de evolutionaire inpassing van dit orgaan heel wat effect op de andere botelementen heeft gehad in vergelijking met de kop van een adder zonder deze pits.

Er was meer wat Piet en Bert verbond. Ze hadden eenzelfde wetenschappelijke, holistische missie. Bert introduceerde het systeemdenken in fysiologisch Nederland. De mens is een systeem van continue positieve en negatieve terugkoppelingen, van citroenzuurcyclus tot botgroei en gedrag. Piet veranderde de beschrijvende anatomie van mooie plaatjes in een uitdagend experimenteel vak, waar fysische wetmatigheden de opties en grenzen voor succesvolle aanpassingen aan de leefniche van een soort bepalen. Achteraf gezien is dat heel toevallig. Leiden was daarmee de enige universiteit in Nederland waar wurg- en gifslangen werden gehouden voor wetenschappelijk onderzoek. Piet probeerde de koppeling tussen kaken en de prooien die worden gegeten vanuit natuurkundige biomechanische krachtendiagrammen te begrijpen. Hij werd daarbij geïnspireerd door Darwins beschrijvingen van diens 'Darwin-vinken'. Slangen waren bijzonder, omdat ze voor grote prooien hun kaken losgooiden. Een soort van hypermobiliteit in de kaken tussen de linker en rechter onderkaken, evenals die tussen de schedel en de onderkaken. Anderzijds mochten ze bij gifslangen zoals ratelslangen en cobra's ook weer niet te los zitten, om de giftand stabiel en effectief in de prooi te kunnen steken. Die twee functies beperken de mogelijkheden voor een optimaal dodelijk aanvalswapen. Biomechanisch kan je dan berekenen welke vorm (spits of stomp), welke plek (op de bovenkaak of onderkaak, voor, midden of achter) en welke materiaaleigenschappen (sterkte, flexibiliteit) het optimum voor een specifieke prooi zou moeten zijn. Als dat klopt met de werkelijkheid, dan hebben we begrepen hoe een dier eruitziet zoals het eruitziet: functionele morfologie.

Die holistische kijk op de diversiteit van dieren was een belangrijke brug tussen mij en deze

1959 that the evolutionary integration of this organ had a great deal of effect on the other bone elements in comparison with the head of a viper without these pits.

There was more that bound Piet and Bert. They had the same scientific holistic mission. Bert introduced system thinking in the field of physiology in the Netherlands. In this perspective, the human being is a system of continuous positive and negative feedback cycles, from the basic citric acid cycle to bone growth and behaviour. Piet transformed the descriptive anatomy from beautiful pictures into a challenging experimental profession where physical laws determine the options and limits for successful adaptations to the ecological niches of a species. In retrospect, that is very coincidental. Leiden became the only university in the Netherlands where constricting snakes and venomous snakes were kept for scientific research. Piet tried to understand the link between jaws and the prey that are eaten based on biomechanical force diagrams. He was thereby inspired by Darwin's descriptions of his 'Darwin finches'. Snakes were special because they threw their jaws loose for large prey. A kind of hypermobility in the jaws between the left and right lower jaws, as well as in the joints between the skull and lower jaws. On the other hand, with venomous snakes such as rattlesnakes and cobras, they should not be too loose in the jaw to be able to sting the fangs stable and effectively in the prey. These two functions limit the possibilities for an optimally deadly attack weapon. Biomechanically you can then calculate which shape (pointed or blunt), which place (on the upper jaw or lower jaw, front, middle or rear) and which material properties (strength, flexibility) should be the optimum for a specific prey. If that matches reality, then we have understood why that animal looks the way it looks: functional morphology.

That holistic view of the diversity of animals was an important connection between me and these two professors. Bert demonstrated animals to medical students in his lectures of

twee hoogleraren. Bert gebruikte in zijn fysiologieonderwijs voor zijn medische studenten dieren tijdens demonstraties. Dat zou tegenwoordig niet meer kunnen in het dichtgespijkerde menselijke fysiologieonderwijs. Toch is het heel belangrijk, omdat bijna alle fundamentele onderzoeken in de medische fysiologie worden uitgevoerd op dieren. Dieren zijn anders, en dat moet je ook als toekomstig arts beseffen. Als iets in een dier is aangetoond, is er nog geen garantie dat het tot iets zinvol leidt voor patiënten. Zo herinner ik mij dat hij in het kader van pijnsensatie van de huid, gewoonlijk via ongemyeleerde blinde zenuwuiteinden in de huid, liet zien dat bij kippen een snee in de huid geen gekakel en gespartel gaf. Door hun verendek zijn pijnreceptoren in hun huid overbodig geworden. Ze voelen wel direct of één van de duizenden veren niet goed zit. Iets waar wij ons hooguit nog iets bij kunnen voorstellen bij onze wimperharen.

Mijn eigen slangenpad was een kralensnoer van toevallige wendingen. Eigenlijk wilde ik op een oceanografisch instituut werken, geïnspireerd door de immens populaire documentaires van Jacques-Yves Cousteau in de jaren zestig van de vorige eeuw. Daarvoor zou een specialisatie in Biologie en Natuurkunde een goede basis leggen in mijn kandidaats. Ik vond het geweldig om samen met biologen dieren te ontleden en te tekenen, en het andere moment met natuurkundestudenten natuurkundeproefjes te doen. Ik werd vrij snel gegrepen door de functionele morfologie en het artikel van Nagel 'What is it to be a bat?' (1974). Hierin stelt hij uitdagende vragen over de beleavingswereld van de vleermuis en in hoeverre we die wel echt kunnen begrijpen. Zou je, als je alles wist van hun sonarsysteem, ook echt kunnen begrijpen hoe het vangen van nachtvinders door de vleermuizen beleefd wordt? Ik schoof steeds meer weg van oceanografie, en fantaseerde over een doctoraalstage bij Piet Dullemeijer om van uit biofysische bouwprincipes een ander bijzonder zintuig te onderzoeken, in combinatie met gedragsonderzoek: het pariëtale oog van de Tuatara (Brughagedis, *Sp-*

physiology. This could nowadays no longer be done in the standardized human medical physiology education. Yet it is very important, because almost all basic research in medical physiology is performed on animals. Animals are different. As a future doctor you have to realize that once something has been demonstrated in an animal, it is yet no guarantee for relevant knowledge for patients. I remember that in the context of pain sensation of the skin, usually through unmyelated blind nerve endings in the skin, he demonstrated in chickens that a cut in the skin did not cause any chattering and sputtering of distress. Because of their cover of feathers, pain receptors in their skin became needless. In contrast, they immediately feel whether one of the thousands of feathers is not properly positioned. Something we can only remotely imagine when one of our eyelash hairs is out of line.

My own snake path showed many coincidental twists. I actually wanted to work at an oceanographic institute following the immensely popular documentaries by Jacques-Yves Cousteau in the 60s of the last century. A specialization in Biology and Physics would provide a good basis for this in my bachelor. I loved to dissect and to draw animals among the biologists, and doing physics experiments with physics students the other moment. Quite quickly, I was fascinated by functional morphology and attracted by Thomas Nagel's article 'What is it like to be a bat?' (1974). There he asks challenging questions about the perception of the bat and to what extent we can really understand their world view. If you knew everything about their sonar system, could you really understand how bats perceive their sonar hunts for moths? Little by little, I moved away from oceanography, and fantasized about a similar master internship with Piet Dullemeijer: to investigate another special sense organ by means of biophysical building principles in combination with behavioural research, the parietal eye of the Tuatara (*Sphenodon punctatus*). This parietal eye is located between the two halves of the brain and is directed upwards through a tiny window

henodon punctatus). Dit pariëtale oog ligt als een derde oog tussen de twee hersenhelften en is naar bovengericht via een venster tussen de ogen. Behalve dat het lichtgevoelig was en anatomisch verbonden was met de epifyse, en dus waarschijnlijk iets met hormoonproductie deed, was de precieze functie onbekend. Piet hielp me snel uit de droom. Er waren twee tuatara's in Europa, één in Frankfort en de ander in Wenen. En import was (en is) volledig verboden, laat staan om er wetenschappelijk onderzoek aan te doen. Maar hij had wel een ander dier ter beschikking om spannend onderzoek naar onbekende zintuigen te doen.

Ik werd geïntroduceerd in de 'slangenkamer'. Daar lag de grote python in de hoek van zijn terrarium. Het rook naar iets mufs. Hij verroerde zich niet. Voor mijn onderzoek zouden acht jonge pythons worden besteld bij een dierenhandelaar. Na mijn stage en afstuderen, volgde er een promotietraject met pythons, boa's en Japanse Crotalinae. Waarover hieronder meer. Pythons, boa's en Crotalinae met een pitorgaan, hebben warmtezintuigen, en die zouden een rol spelen in het jachtgedrag. Hoe en wat precies, was eind jaren tachtig van de vorige eeuw een beetje bekend. Wat doe je dan? Je gaat heel precies kijken waar die organen zitten en naar hun vorm. Daarnaast ga je het jachtgedrag bestuderen en vraag je je af wanneer die orgaantjes een meerwaarde voor de jacht opleveren. En dat ga je experimenteel testen. Tenslotte probeer je de zenuwactiviteiten te registreren onder verschillende typen en sterkten van infraroodstraling, en tracht je het binnenkomende signaal te volgen naar de hersenen, die daar ergens het jachtgedrag opwekken en sturen. Een fantastisch holistisch interdisciplinair project, waar ik al mijn nieuwsgierigheid in kwijt kon. En het is me gelukt. Op 15 januari 1985 promoveerde ik cum laude onder Piet als promotor en met Bert in de promotiecommissie.

De anatomie

De *Malayopython reticulatus* die ik onderzocht, heeft 28 groefjes in zijn boven- en onderlippen. Als je de kop ontleedt, kom je reusachtig dikke,

in the roof of the skull, between the eyes. In addition to being light-sensitive and anatomically linked to the epiphysis, and thus probably involved in hormone production, the precise function was unknown. Piet quickly got me out of the dream. There were two Tuataras in Europe, one in Frankfurt and the other in Vienna. And import was (and is) completely prohibited, let alone to do scientific research on them. He did have another animal available however, to do exciting research into unknown senses.

I was introduced to the 'snake room'. There lay the large python in the corner of his terrarium. It smelled a bit stale. He didn't move. For my research, 8 young pythons would be ordered from an animal dealer. After my internship and graduation, a PhD trajectory followed with pythons, boas and Japanese Crotalinae. More about this below. Pythons, boas and Crotalinae with a pit organ, have infrared senses, and they would play a role in hunting behaviour. Exactly how and what was known only a bit at the end of the 1980s. What will you do then? You will look very precisely at the location and shape of those organs. You will also study hunting behaviour and wonder when those organs provide added value for hunting and you will test that experimentally. Finally, you try to register the neuronal activities under different types and strengths of infrared radiation, and you try to follow the incoming signals to the brain, which is the place that orchestrates and controls hunting behaviour. A fantastic holistic interdisciplinary project in which I could express all my curiosity. And I succeeded. On January 15, 1985 I gained my PhD cum laude under Piet as promotor and Bert in the promotion committee.

The anatomy

The *Malayopython reticulatus* which I examined, has 28 grooves in its upper and lower lips. If you dissect the head, you will encounter hugely thick white nerves. The branches of the trigeminal nerve innervate both the upper lip grooves and the lower lip grooves. That thickness is an indication that a lot of information is being col-

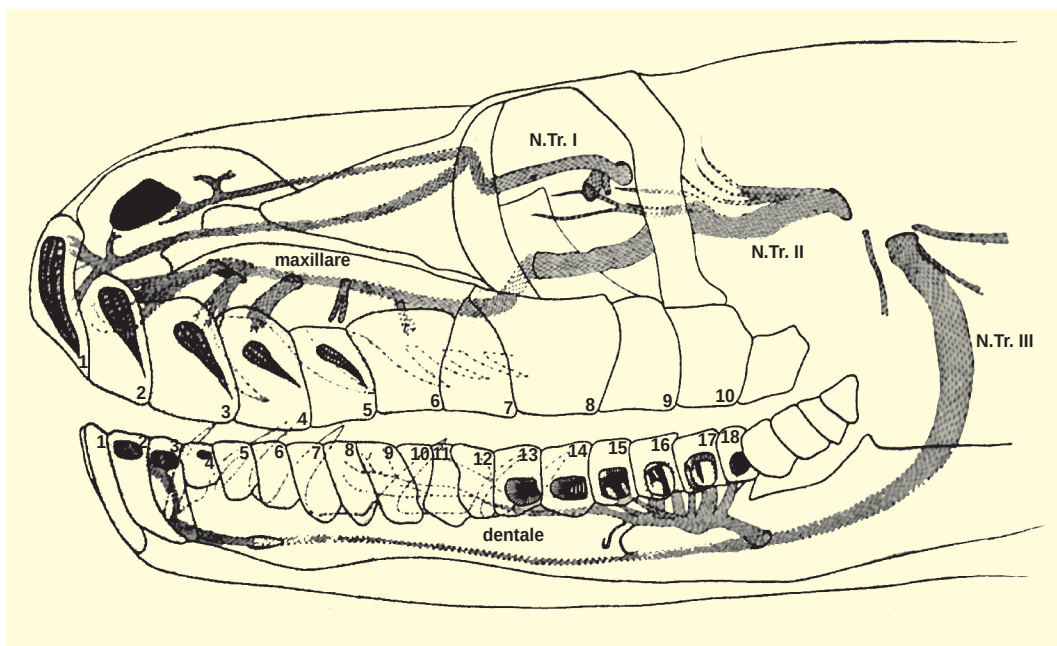


Fig 1: Drie hoofdtakken van de nervus trigeminus bij *Malayopython reticulatus* (ongepubliceerd door de auteur) /
Fig. 1: Three main branches of the trigeminal nerve in *Malayopython reticulatus* (unpublished by the author)

witte zenuwen tegen. De takken van de trigeminuszenuw innervieren zowel de bovenlip- als de onderlipgroefjes. De dikte is een indicatie dat veel informatie wordt verzameld (zie afbeelding 1). De groeven hebben een lichtroze, vlakke bodem, parallel aan de lipschubben, maar dan dieper. De opening is druppelvormig, met de grootste diameter aan de bovenkant. De voorste groeven op de neus zijn het grootst, naar achteren worden ze steeds smaller en kleiner. In sommige andere Pythonidae, zoals de Groene boompython (*Morelia viridis*) zijn de ruimtes tussen de groeven veel kleiner in de onderlip en kunnen we net zo goed spreken over één enkele lange groef met dwarsschotten. Dit gaf de hypothese dat alle groeven bij elkaar waarschijnlijk functioneren als één orgaan. Net zoals bij de rij van radiotelescopen op de Dwingelose Heide.

Op de bodem van de groefjes is alleen dunne huid zonder schubben; die is lichtroze gekleurd. Tijdens mijn eerste stage heb ik coupes

lected (see fig. 1). The pits have a light pink flat floor, parallel to the lip scales, but then deeper. The opening is drop shaped with the largest diameter at the top. The front pits on the nose are the largest, towards the rear they are becoming narrower and smaller. In some other Pythonidae, such as the Green tree python (*Morelia viridis*), the spaces between the pits are much smaller in the lower lip and we might as well speak of a single elongated groove with transverse walls. This raised the hypothesis that all pits together would probably function as one organ. Just like the row of astronomic radio telescopes at the Dwingelose Heide.

At the bottom of the pit grooves, there is only thin skin without scales and it is light pink in colour. During my first internship, I was able to cut sections and make electron photos of that bottom. This shows that the bottom is covered from the inside with cauliflower-like shoots of the free nerve endings (Figs. 2 and 3). Very special was the discovery that these bulbs are

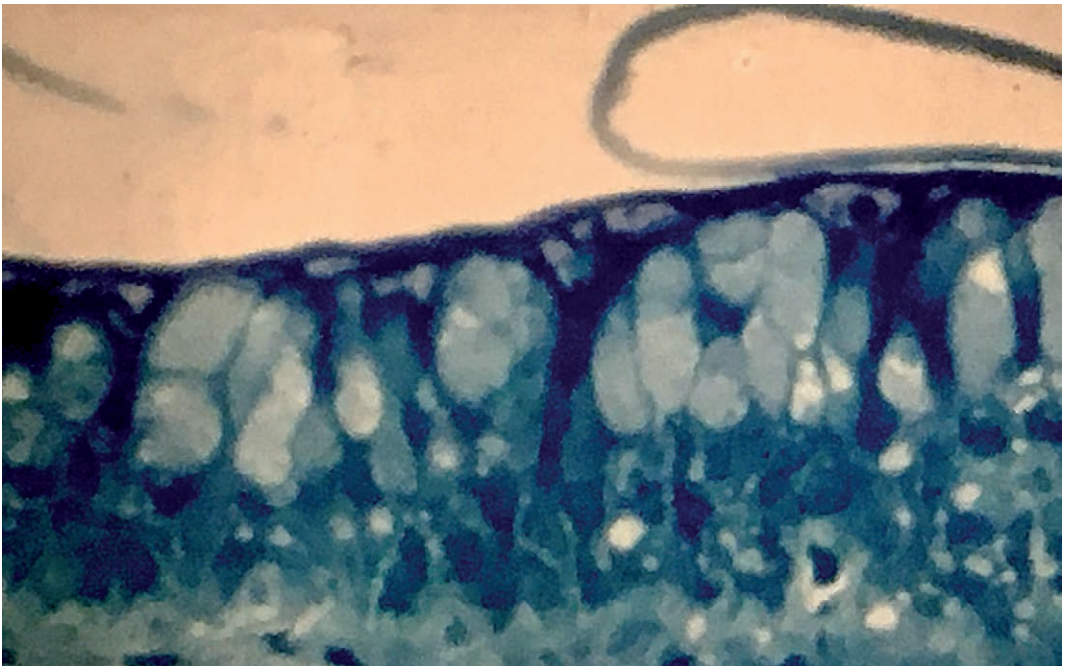


Fig 2: Onder, dicht netwerk van zenuwvezel, waaruit bolvormige ongemyeleerde blinde zenuwuiteinden tot aan het basale membraam opstijgen. Witte vlekjes zijn bloedvaten. Doorsnede bolstructuur 150-200 μm. Boven: flinterdunne opperhuidlaag heeft los gelaten. (Ongepubliceerd door de auteur). / Fig. 2: Below, dense network of nerve fiber, from which spherical unmyelinated blind nerve endings rise up to just below the basal membrane. White spots are blood vessels. Cross-sectional spherical structure 150-200 μm. Above: super thin epidermis layer has come off. (Unpublished by the author).

kunnen snijden, en elektronenfoto's kunnen maken van die bodem. Daaruit blijkt dat die bodem van binnenuit bedekt is met bloemkoolachtige uitlopers van de zenuwuiteinden (afbeeldingen 2 en 3). Heel bijzonder was de ontdekking dat die uitlopers vol zitten met mitochondriën en endoplasmatische reticula. Dit geeft aan dat hier hard gewerkt wordt om de warmte-instraling om te zetten in een elektrisch zenuwsignaal (zie afbeelding 4). Dit signaal komt uiteindelijk via twee tussenstops uit in twee kleine, halve bollen boven op de hersenstam, het tectum, die ook tegelijk informatie vanuit de ogen ontvangen. In het tectum wordt de werkelijkheid om de slang heen opgebouwd als op een groot scherm, vergelijkbaar met de primaire visuele cortex bij de mens. De visuele informatie en het infrarood komen hier over elkaar heen te liggen. Met andere woorden: de python en de boa zien zowel een muis (als het licht is), alsook een warme plek op

full of mitochondria and endoplasmic reticulae. This indicates that a lot of hard work is being done to convert heat radiation into an electrical nerve signal (see fig 4). This signal eventually arrives, via two intermediate stops, in two small hemispheres on top of the brain stem, the tectum, which also receive information from the eyes at the same time. Here in the tectum, reality is built up around the snake as on a large screen, similar to the primary visual cortex in humans. The visual information and infrared are superimposed here. In other words, the python and the boa both see a mouse (when it is light) as well as a warm spot in the same place. Just as we see and hear an ambulance from the same direction. Based on the measurement of the infrared signal in the tectum, I was able to determine that a python in the dark perceives the location of a rat (=30°C) against 20°C background temperature at 48.8 cm (*Boa*

dezelfde plaats. Zoals wij een ambulance zien en horen uit dezelfde richting. Op basis van het meten van het infraroodsignaal in het tectum, kon ik vaststellen dat een python in het donker de plek van een rat ($\approx 30^{\circ}\text{C}$) bij 20°C omgevings-temperatuur op 48,8 cm waarneemt (de *Boa constrictor* op 39,6 cm en *Calloselasma rhodostoma* op 160,5 cm - zie tabel 1).

Het hebben van zo'n gespecialiseerd zintuig houdt in de functionele morfologie in dat je iets anders inlevert. Simpelweg omdat er geen plaats is in het lichaam, en binnen de hersenpan om de extra informatie te verwerken. Slangen missen al gehoor, maar verwerken wel bodemtrillingen. In het gedrag is waar te nemen of alle zes de zintuigen ook daadwerkelijk gebruikt worden, of dat er uiteindelijk toch maar vijf functioneel overblijven.

De rol in het jachtgedrag

Wat is de rol van de infraroodzintuigen tijdens het jagen? Zintuigen reageren alleen op veranderingen, dus beweging in het visuele veld (slangen kunnen hun ogen niet sluiten), en warmteverschillen (de pits staan altijd open). Signalen uit de zintuigen bepalen de overgang van slapen naar alertheid en jagen. Nu hebben deze slangen een grote voorkeur voor de sit-and-wait-strategie (ambush hunters): goed gecamoufleerd afwachten tot de prooi zich aanbiedt. Dit valt in het terrarium makkelijk te onderzoeken. Ik heb daarvoor de afplaktechniek gebruikt en de namaakmuismethode. Aangezien ik de slangen niet in traumatische situaties wilde brengen, was mijn eerste insteek om de namaakmuis in het terrarium te introduceren (afbeelding 4). Een pluk watten, met daarin een verwarmingselementje van 30°C , met een gewichtje onder de muis dat over bodem en kiezels kan stuiteren, en die wel/niet wordt opgeborgen in het muizenverblijf (visueel, infrarood, trillingen, geur). De combinaties waar geen visuele prikkel in mocht zitten, werden uitgevoerd door de ogen met zwart tape af te plakken en door de experimenten vlak voor de vervelling uit te voeren. Het standaardjachtgedrag werd vastgelegd bij het voeren van levende muizen.



Fig 3 Detail van de warmtegevoelige zenuwuiteinden 40.000x vergroot. (Ongepubliceerd door de auteur). / Fig. 3 Detail of the heat sensitive nerve endings enlarged 40,000x. (Unpublished by the author).

constrictor at 39.6 cm and *Calloselasma rhodostoma*. At 160.5 cm); see table 1.

In functional morphology, having such a specialized sense organ implies that the animal gives up another function. Simple because there is no place in the body and within the skull to process the extra info. Snakes already lack the ability to hear, but do process vibrations of the ground. The behaviour studies can show whether all six senses are actually used, or have been scaled down to five again.

The role in hunting behaviour

What is the role of the infrared senses in hunting? In fact, the senses only respond to changes, i.e., movement in the visual field (snakes cannot close their eyes), and changing heat signals (the pits are always open). Signals from the senses determine the transition from sleeping to alertness and hunting. These snakes are

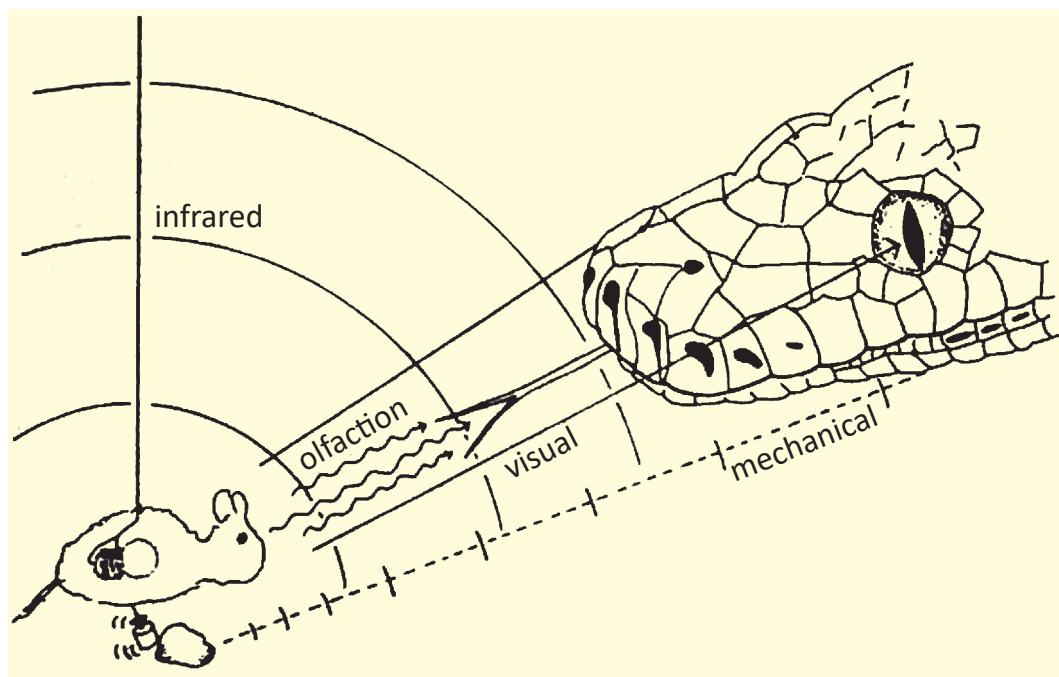


Fig. 4 Proefopzet van de gedragstesten met een dummy-muis (Ongepubliceerd door de auteur). /
Fig. 4 Experimental setup of the behavioural tests with a dummy mouse (Unpublished by the author).

Een *Python* en een *Crotalus* blijken het gevoel voor bodemtrillingen ingewisseld te hebben voor infrarood 'voelen' (zie afbeelding 5). Verder zijn het vooral de visuele stimuli die hen alarmeren en aanzetten om de muis te benaderen (zelden bij alleen warmte of geur). Als er drie zintuigen tegelijk worden gestimuleerd, volgt in 30% van de gevallen ook een uitval. Vlak vóór die uitval blijkt de combinatie van warmte en visuele informatie noodzakelijk om echt gericht en effectief uit te vallen. Afgeplakte groeven of ogen leiden tot missers en neus-tot-neus ontmoetingen met de muis, zonder dat een uitval plaatsvindt. Dit komt overeen met het neurologisch onderzoek waarin we zagen dat de informatie van de groeven en visuele informatie samen komen in het tectum. Voor het kopzoeken na de wurging, is de warmte-informatie vanuit de groeven en visuele input niet noodzakelijk (afgeplakte pythons kunnen heel goed de kop vinden). De pythons konden trouwens ook zonder problemen de kop vinden bij het

known to have a strong preference for the sit-and-wait strategy (ambush hunters), waiting well camouflaged until the prey presents itself. This is easy to investigate in a terrarium. For that, I used the masking tape technique and the dummy mouse method. Since I did not want to put the snakes in traumatic situations, my first approach was the fake mouse that enters the terrarium (fig. 4). A modulated dot of cotton wool, containing a 30°C heating element, with a small weight under the mouse that can bounce over the bottom and pebbles, and which is (or is not) stored in the mouse enclosure. (i.e., visual, IR, vibrations, odour). The combinations that could not contain a visual stimulus were carried out by covering the eyes with black tape and by carrying out the experiments just before the moulting. The control hunting behaviour was recorded when feeding live mice.

A python and a *Crotalus* turn out to have interchanged the feeling for mechanical ground

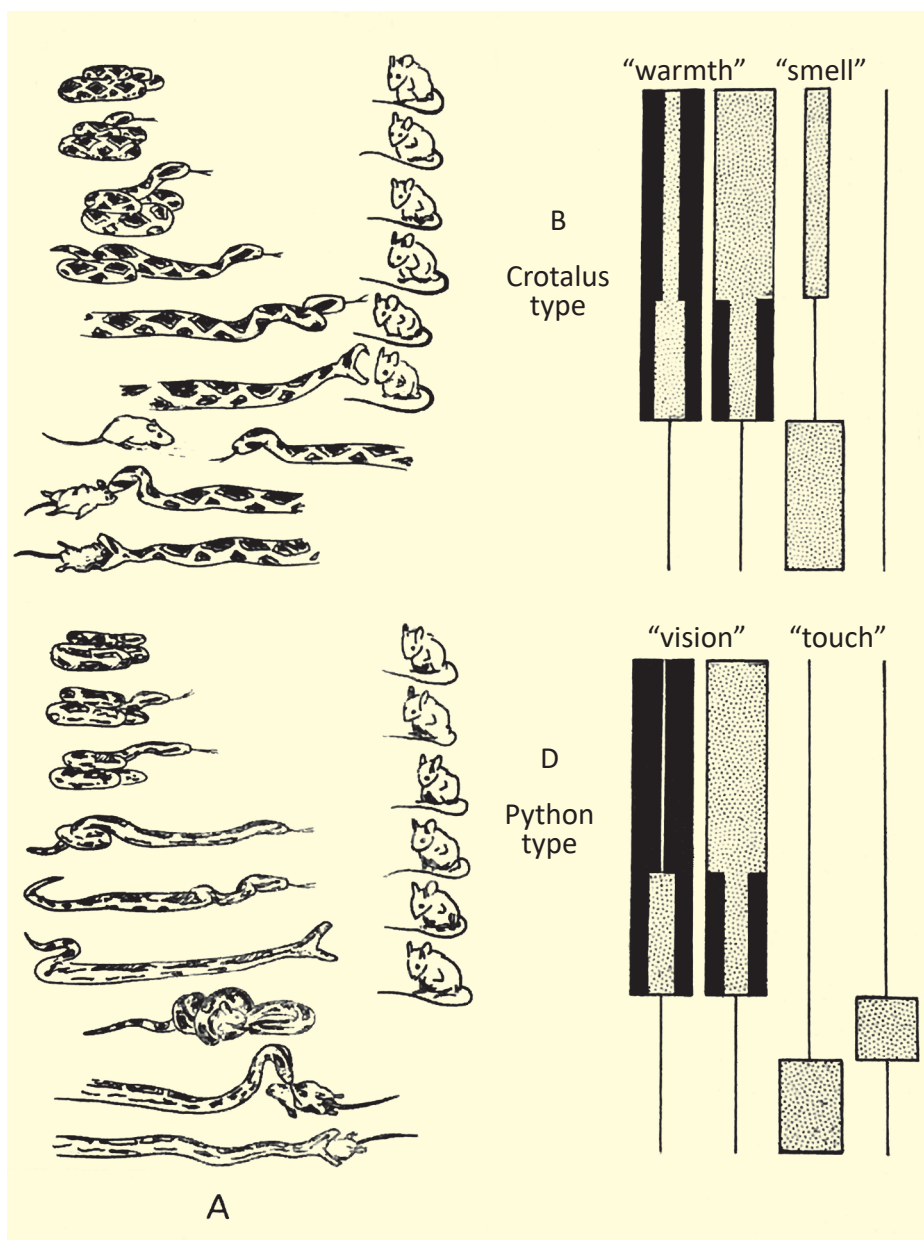


Fig. 5 Schematische aanduiding van het relatieve belang van de vier zintuiglijke informatiekanalen in de successievelijke negen fasen van het jachtgedrag. De breedte geeft een indicatie van het belang van de betreffend zintuiglijke informatie om die fase goed te doorlopen. De zwart gekleurde verbreding, geeft aan dat warmte belangrijker wordt als de visuele informatie wordt afgeplakt (en vice versa). (De Cock Buning, 1983a) / Fig. 5 Schematic indication of the relative importance of the four sensory information channels during the successive 9 phases of hunting behaviour. The breadth of the blocks gives an indication of the importance of the sensory information to run that phase properly. The black-colored widening indicates that infrared becomes more important when the visual information is taped (and vice versa). (De Cock Buning, 1983a)

voeren van haarloze, naakte muizen, waarmee de hypothese kon worden verworpen dat tast-informatie (door tegen de haarrichting in te bewegen) belangrijk zou zijn voor het kopzoeken. Blijft over, dat geur de belangrijkste informatie is, met name door het achterend te vermijden. Voor boa's geldt het zelfde patroon.

Wat is het om een python of een boa te zijn?

Het is nu pas, na 36 jaar, dankzij de uitnodiging van de redacteur, dat ik de nuances in het antwoord zelf begin te begrijpen. Bert kwam heel ver in het begrijpen van wat een boa nodig heeft, door de dieren mee naar huis te nemen en ze handtam te maken. Daar is wederzijds vertrouwen voor nodig. Als je dat teleurstelt, verliest de relatie waarde, waardoor je niet meer van elkaar kan leren. Ook de dieren rond zijn buitenhuisje in Vinkenveen wist Bert aan zich te binden. Zodra hij in het sloepje stapte, werd hij door de meekoeten en eenden opgewacht. Natuurlijk, er valt wat te halen, maar in welke menselijke relatie is dat niet zo? Neem boa's: zij zijn volgens onze beleving van de wereld nogal doof, kunnen wel goed zien, en merken het verschil in temperatuur op tussen enerzijds de dode takken aan het plafond om in rond te kruipen, of anderzijds Berts warme benen op de bank. Ook een wam plekje in de zon (licht en warmte) en de verleiding van een warme nek of oksel van Bert, wordt op een halve meter waargenomen, en volgens Bert ook wederzijds erg gewaardeerd. Omdat wij ook van alles doen om warm te zijn en warm te eten, hebben we toch een aantal dingen gemeen. Onze warmtezintuigen zijn niet veel anders dan die van de boa of python. Alleen zijn het er bij boa's meer en zijn ze dicht geconcentreerd in de boven- en onderlip en in de groeven van pythons. Het reukvermogen, het orgaan van Jacobson, is vele malen geavanceerder dan onze neus. De gespleten tong van de boa heeft meteen door van welke kant de geur komt. Daarvoor moeten wij eerst uitgebreid om ons heen kijken. Bert was ongetwijfeld goed te ruiken door de boa's, niet als prooi, maar wel als een wezen dat voedsel brengt. Boa's worden over het algemeen omschreven als vriendelijker dan pythons, die regelmatig naar hun eige-

vibrations for infrared 'feeling' (see Fig. 5). Furthermore, it is mainly the visual stimuli that alert and encourage them to approach the mouse (rarely with infrared or odour only). Stimulating three senses at the same time, will elicit a strike in 30% of the cases. Just before that strike, the combination of heat and visual information appears to be necessary to execute an effective strike. Taped pits or eyes end up in misdirected strikes and nose-to-nose encounters with the mouse without a strike. This corresponds to the neurological findings in which we saw that the information from the pits and visual information come together in the tectum. In the next phases, i.e., searching for the head after the strangulation, the infrared information from the pits and visual inputs are not necessary as we observed in taped pythons. By the way, the python could also easily find its way to the head when feeding hairless naked mice, which seems to reject the hypothesis, that the direction of the fur of the prey guides the snake towards the head. It is more plausible that scent is the most important information, in particular by avoiding the rear end of the mice. For boas, the same pattern applies.

What is it to be a python / boa?

It is only now, after 36 years, thanks to the editor's invitation, that I begin to understand the nuances in the answer itself. Bert went a long way in understanding what a boa needs, by taking the animals home and making them tame. This requires mutual trust. If one disappoints that, the relationship loses value, so one can no longer learn from each other. Bert even built long lasting relationships with the animals around his country house in Vinkeveen. As soon as he stepped into the sloop he was met by the ducks and common coots. Of course, there is something to be gained, but in which human relationship is that not the case? Take boas, they are quite deaf according to our perception of the world, can see well, and notice the difference in temperature between the dead branches on the ceiling to crawl around in, or Bert's legs on the couch. Also a warm spot in the sun (light and warmth) and the temptation

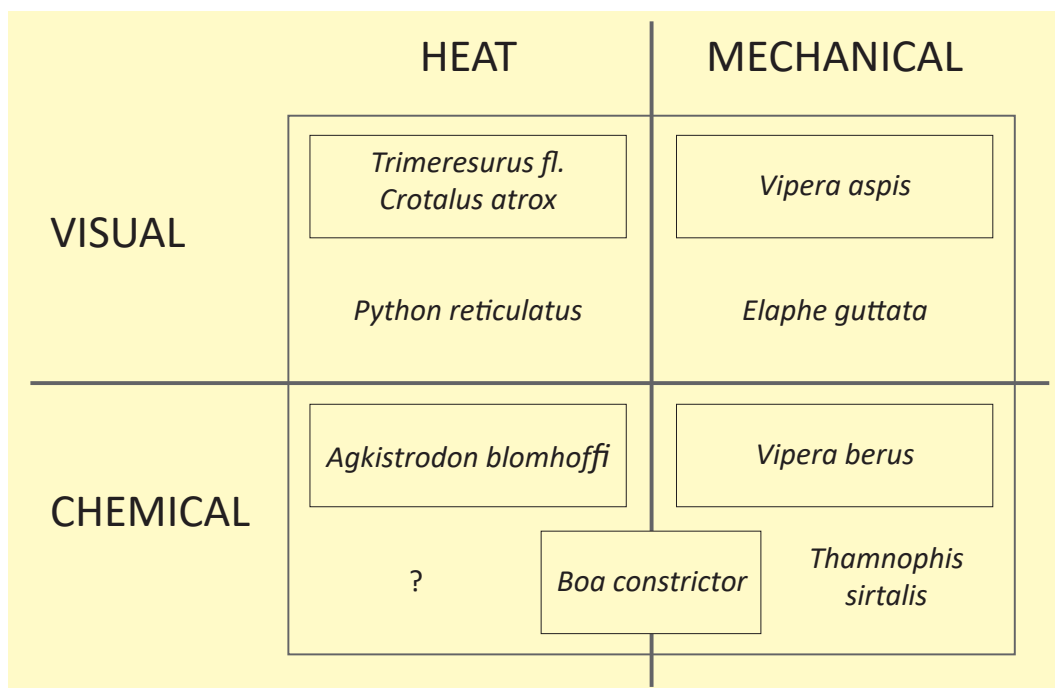


Fig. 6 Synthese op basis van literatuur- en eigen onderzoek, om te beseffen dat iedere slangensoort wellicht twee dominante zintuigen hebben die elkaar kunnen aanvullen als er een uitvalt; daarmee schuiven de andere twee zintuigen naar een lagere 3e en 4e positie. In die zin lijken de ratelslang en python meer op elkaar in gedrag en niche. Hetzelfde geldt voor de combinatie *Boa constrictor* en *Gloydius blomhoffii* (in de figuur 'Agkistrodon blomhoffii'). (De Cock Buning, 1984) / Fig. 6 Synthesis based on literature and own research, to realize that each snake species may have two dominant senses that can complement each other if one fails, thus shifting the other two senses to a lower 3rd and 4th position. In that sense, the rattlesnake and python are more similar in behavior and niche. The same applies to the *Boa constrictor* and *Gloydius blomhoffii* (in the figure as 'Agkistrodon blomhoffii') combination. (De Cock Buning, 1984)

naar kunnen uitvallen. De oorzaak ligt mogelijk in een licht verschil tussen een meer visueel ingesteld dier en een meer geurdier. Ik herinner mij dat Bert eens vertelde dat de keren dat hij door een van zijn jonge boa's werd gebeten, dit gebeurde vlak vóór de vervelling, waardoor ze mogelijk al slechter konden zien, en daardoor het verschil tussen de hand van Bert en de dode muis niet zagen. Dus een sterk geursignaal en een sterk warmtesignaal, was voor de *Boa* voldoende om het zichtverlies te compenseren met een gerichte beet. Sindsdien voerde hij altijd met een gehandschoende hand. Primaire visuele dieren zoals mensen en pythons gaan eerder op pad om te jagen en houden van een open omgeving (tuinen, boomkruinen - zie afbeelding 6).

of a warm neck or armpit of Bert is observed within half a meter, and according to Bert also mutually appreciated. Because we humans also do everything to be warm and to eat hot food, we do have a number of things in common. Our warmth senses are not much different than those of the boa or python. It is a matter of degree, those snakes do have more, and more concentrated in the upper and lower lip. The sense of smell, the organ of Jacobson, is many times more sophisticated than our nose. The split tongue of the boa immediately understands where the smell comes from, for that we have to look around us extensively. Bert was undoubtedly easy to smell by the boas, not as prey but as a creature that brings food. Boas are generally described as friendlier than

De laatste jaren bij Berts boa's

Toen één van onze dochters een *Thamnophis sirtalis* kreeg voor haar verjaardag, bezochten wij elk jaar tegen de zomervakantie het buitenhuisje van Bert en Nel om het handtamme slangetje een goed onderkomen te geven wanneer wij gingen kamperen. Het slangetje leefde in een klein terrarium in de huiskamer en Bert hanteerde het dagelijks. Het mocht natuurlijk niet bij de boa's komen op zolder. Groot was de paniek, toen het slangetje toch op een ochtend ontsnapte aan de aandacht van Bert. Gelukkig vond het slangetje zelf de volgende ochtend Bert's voeten toen Bert buiten in de serre zat lezen. Al snel merkten wij een bijzonder gedrag op dat om onduidelijke redenen in de zomer optrad: cirkelen. De kousenbandslang lijkt zijn staart achterna te zitten en vormt zo een draaiende dubbele armband. Hier hebben we gezamenlijk twee artikelen over geschreven in 2003 en 2005.

pythons, who can regularly strike out to their owner. The cause may lie in a slight difference between a more visually oriented animal and a chemically oriented animal. I remember that Bert once told me that the times he was bitten by his boas, this happened just before the shedding when they don't see very well, and therefore did not see the difference between Bert's hand and the dead rat in it. So for the Boa, a strong odor signal and a strong infrared signal was sufficient to compensate for the loss of sight. And thus resulting in a strike. Primarily visual animals such as humans and Pythons set off earlier to hunt and love an open environment (gardens, tree crowns). Fig. 6.

The last years with Bert's Boas

When one of our daughters received a *Thamnophis sirtalis* for her birthday, we visited Bert and Nel's cottage every year around the summer holidays to give the tame snake a good home when we went camping. The little snake lived in small terrarium in the living room and Bert handled it daily. Of course, it was not allowed to enter the Boas in the attic room. There was great panic when one morning the little snake escaped Bert's attention. Luckily, the little snake found himself the way home next morning when he appeared between the Bert's feet when he was reading outside in front of the house. We soon noticed a special behavior that occurred in the summer for unclear reasons: circling. The ring snake seems to be chasing its tail and thus forms a rotating double bracelet. We jointly wrote two articles about this in 2003 and 2005.

Table 1. Maximum distance of detection according lowest threshold value (mouse = 25 cm², 30°C; rat = 145 cm², 30°C)

		Background temperature			
		25°C	20°C	15°C	10°C
<i>Boa constrictor</i>	Mouse	11.8	16.4	19.9	22.7
	Rat	28.3	39.6	47.9	54.6
<i>Python reticulatus</i>	Mouse	20.2	28.3	34.2	39.0
	Rat	48.8	68.1	82.4	93.9
<i>Agkistrodon rh.</i>	Mouse	47.7	66.6	80.6	91.9
	Rat	114.9	160.5	194.2	221.4

Tabel 1: Overzicht voor drie warmtegevoelige slangensoorten van de maximale afstand waarop zij op het niveau van het tectum een warm object kunnen waarnemen (muis=25 cm², 30°C; rat =145 cm², 30°C) ten opzichte van verschillende achtergrondtemperaturen. *Malayopython reticulatus* staat in de tabel als 'Python reticulatus'; *Calloselasma rhodostoma* staat in de tabel als 'Agkistrodon rh.'. (De Cock Buning, 1983b) / Table 1: Overview for three heat-sensitive snake species of the maximum distance at which they can still observe a warm object, measure at the level of the tectum (mouse = 25 cm², 30°C; rat = 145 cm², 30°C) compared to different background temperatures. *Malayopython reticulatus* is mentioned in the table as "Python reticulatus"; *Calloselasma rhodostoma* is mentioned in the table as 'Agkistrodon rh.'. (De Cock Buning, 1983b)

Literatuur/Literature

- De Cock Buning, T., 1983a, Thermal sensitivity as specialization for prey capture and feeding in snakes. *Am. Zool.*; 23: 363-375.
- de Cock Buning, T, 1983b. Thresholds of Infrared Sensitive Tectal Neurons in *Python reticulatus*, *Boa constrictor* and *Agkistrodon rhodostoma*. *J.Comp. Physiology*;151 , 461-467
- De Cock Buning, T.,1984. The functional morphology of heat sensitive organs in snakes. Proefschrift, Leiden
- Dullemeijer, P., 1956. The functional morphology of the head of the common viper : *Vipera berus* (L.). Proefschrift Leiden.
- Dullemeijer, P. (1959): A comparative functional-anatomical study of the heads of some *Viperidae*. *Morph. Jahrb.* 99: 881-985.
- Nagel, T. 1974. What Is It Like to Be a Bat. *The Philosophical Review.* 83 (4): 435-450.
- Verveen, A.A. & Tj. De Cock Buning, 2003. De rondcirkelende slang / The circling serpent (2) *Thamnophis sirtalis*. *Litteratura Serpentina* 23-3, 109-123.
- Verveen, A.A. & Tj. De Cock Buning, 2005. De cirkeldans van de kousenbandslang' / 'The circle dance of the Garter snake'. *Litteratura Serpentina* 25 (2005), 19-34.