Chapter 1

These notes belong to the course 'Structuur en interpretatie van computerprogammas' as given at the Computer science Department, Vrije universiteit Brussel in 1994. The excercies themselve were create by Serge Demeyer and Karel Driesen (I believe). Some of the solutions I present here could be better, others are incomplete. Anyway, The most interesting part about these excercise are the environment diagrams that presented the ideas of lexical and dynamic scoping very well. I believe these were based on the book 'Structure and Interpreation of Computer Programs' as written By Abelson & Sussmann.

1.Schrijf volgende expressies in Scheme. Bedenk waardes voor de parameters zodat de eerste twee expressies 0 en de laatste 1 voorstellen. Identeer om de leesbaarheid te verhogen.

$\frac{a+b}{e} - \frac{c+d}{f}$	`(- (/ (+ a b) e)` `  (/ (+ c d) f))`	a=b=c=d=e=f=1

$c + \frac{a}{b*c+\frac{d}{e+\frac{f}{g}}}$	`(+ (c`
	`  (/ a`
	`  (+ (* b c)`
	`  (/ d (+ e (/ f g)))))))`
		a=d=2
		b=c=-1
		e=f=g=1

$\frac{a+\frac{b}{c}}{d} * \frac{e}{\frac{g}{i}-h}$	`(* (/ (+ a (/ b c))`
	`  d)`
	`  (/ e (- (/ g i)`
	`  h)))`
		a=b=c=d=e=g=i=1
		h=-1

---

2. Voorspel voor elk van onderstaande expressies het resultaat indien ze in de gegeven volgorde geëvalueerd worden, leg de gevallen uit waarbij het misloopt. Teken het omgevingsdiagram voor zover het relevant is voor de evaluatie. Controleer je prognose daarna d.m.v een scheme vertolker.

```
a) (* (+ 2 2) 5)                                        20
b) (* (+ 2 2) (5))      attempt to call a non procedural object
c) (* (+ (2 2) 5))                                      ""
d) (* (+ 2
       2) 5)                                            ""
e) (5 * 4)                                              ""
f) 5 * 4                                 niet gedefinieerd object
g) (define 5*4 20)                                      5*4
h) 5*4                                                  20
i) (5 * 2+2)                               2*2 niet gedefinieerd
j) (5 * (2+2))                             2+2 is geen procedure
k) (5 * (2 + 2))                             2 is geen procedure
l) (5*2 + 2)                               5*2 is geen procedure
m) (5*4 + 2)                                20 is geen procedure
```

```
n) (5*(+ 2 2))                                5* is geen procedure
o) ((+ 2 3))                                   5 is geen procedure
p) (/ 6 2)                                                       3
q) /                                                  #<PROCEDURE />
r) (define $ /)                                                  $
s) (define / (* 2 3))                                            /
t) (/ 6 2)                                     6 is geen procedure
u) /                                                             6
v) ($ 6 2)                                                       3
w) $                                                  #<PROCEDURE />
x) (* 2 /)                                                      12
y) (define (double x) (+ x x))                            #double
z) (double (double 5))                                          20
A) (define (five) 5)                                #<PROCEDURE five>
B) (define four 4)                                           four
C) four                                                         4
D) five                                                  procedure
E) (four)                              call to non-procedural object
F) (five)                                                       5
```

---

3. Schrijf een procedure die drie getallen als argumenten neemt en de som van de kwadraten teruggeeft.

```
(define (sqr x) (* x x))
(define (Sum-Sqr x y z)
  (+ (sqr x)
     (sqr y)
     (sqr z)))
```

---

4. Schrijf de procedure C-TO-F die een temperatuur in graden Celsius omzet in graden Fahrenheit.

```
(define (C-TO-F C)
  (- (* 1.8 (+ 40 C)) 40))
```

Toegift : Schrijf procedures die de oppervlakte en omtrek van volgende figuren berekenen : driehoek, vierkant, rechthoek, trapezium, ruit, cirkel, ellips. Doe hetzelfde (voor oppervlakte en inhoud) voor de driedimensionale figuren, zoals een balk, parallellepipedum, bol, cylinder, kegel, tetraeder, etc...

```
(define (OppervlakteDriehoek basis hoogte)
  (/ (* basis hoogte) 2))

(define (OppervlakteRechthoek zijde1 zijde2)
  (* zijde1 zijde2))

(define (OppervlakteVierkant Zijde)
  (OppervlakteRechthoek Zijde Zijde))

(define (OppervlakteTrapezium GroteBasis KleineBasis, Hoogte)
  (/ (* Hoogte
    (+ GroteBasis
         KleineBasis))
```

```
      2))

(define (OppervlakteRuit diag1 diag2)
  (OppervlakteDriehoek diag1 diag2))

(define (OppervlakteCirkel straal)
  (* pi straal straal))

(define (OmtrekCirkel straal) (* 2 pi r))

(define (OppervlakteEllips straal1 straal2)
  (* pi straal1 straal2))
```

Chapter 2

1. Definieer de procedure SIGN die een nummer als argument neemt en 1 teruggeeft als dat nummer positief is, -1 als het negatief is, en 0 als het gelijk is aan 0. Vb (Sign -5) ==> -1.

```
(define (SIGN x)
  (cond ((< x 0) -1)
        ((> x 0) 1)
        (else 0)))
```

2. Definieer het predicaat LEAP-YEAR? dat een jaartal als argument neemt en teruggeeft of het betreffende jaar een schrikkeljaar is. (indien het deelbaar is door 4 is het een schrikkeljaar, tenzij het deelbaar is door 100, tenzij het deelbaar is door 400). Je definieert best een predicaat DIVIDES? dat teruggeeft of een getal precies gedeeld wordt door een ander getal.

```
(define (divides x y)
  (= (remainder y x) 0))

(define (LEAP-YEAR x)
  (if (divides 4 x)
      (if (divides 100 x)
          (if (divides 400 x)
              #t
              #f)
          #t)
      #f))
```

Onderstaande versie is iets korter, maar ook iets moeilijker om te verstaan. Probeer het en je zal zien :

```
(define (LEAP-YEAR-2 x)
  (and (divides 4 x)
       (or (not (divides 100 x))
           (divides 400 x))))
```

3. Voorspel het resultaat van onderstaande expressies (veronderstel dat ze in volgorde geëvalueerd worden) :

```
a) (define a 3)            a
b) (define b (+ a 1))      b
```

```
c) (if (> a b) a b)          4
d) (+ 2 (if (> a b) a b))    6
e) (* (cond ((> a b) a)
            ((< a b) b)
            (else -1))
      (+ a 1))              16
f) ((if (< a b) + -) a b)    7
```

---

4. Schrijf de procedure MY-AND, die twee parameters neemt en enkel true teruggeeft indien ze beide true zijn. Gebruik een IF. Verklaar het resultaat van volgende expressies

```
(MY-AND (> 1 2) (1))    (AND (> 1 2) (1))
(MY-AND (< 1 2) (1))    (AND (< 1 2) (1))
```

```
(define (MY-AND e1 e2)
  (if e1
      (if e2
        #t
        #f)
      #f))

(MY-AND (> 1 2) (1))    error
(MY-AND (< 1 2) (1))    error
(AND (> 1 2) (1))       #f
(AND (< 1 2) (1))       error
```

Dit is te wijten aan de lazy-evaluation

---

5. Geef een expressie die zich voor een anologe MY-OR verschillend gedraagt dan wanneer je OR gebruikt.

De gevraagde expressie zou als volgt kunnen luiden :

```
(MY-OR (< 1 2) (1))     ;zal error weergeven
(OR (< 1 2) (1))        ;zal #t weergeven
```

---

6. Definieer de functie NEW-IF aan de hand van een COND form. Wat is het resultaat van (foo-if 6 0) en (foo-new-if 6 0) :

```
(define (foo-if x y)
  (if (=y 0)
      x
      (/ x y)))

(define (foo-new-if x y)
  (new-if (= y 0)
          x
          (/ x y)))
```

```
(define (new-if p e1 e2)
  (cond (p e1)
        (else e2)))
```

Voor de linker draait dit uit op een 6. Voor de rechter op een error omdat eerst e1 EN e2 geëvalueerd worden

---

7. Herdefinieer bovenstaande 'foo-new-if, zodat i.p.v. new-if een lambda functie gebruikt wordt.

```
(define (foo-new-if x y)
  ((lambda (p e1 e2)
     (cond (p e1)
           (else e2)))
   (= y 0) x (/ x y)))
```

---

8. Leg uit wat er mis gaat bij evaluatie van de volgende expressie : (hint : zet de let om in de overeenkomstige lambda-expressie en teken het environment diagram)

```
(let ((x 1)
      (y (+ 1 x)))
 (+ x y)
```

De overeenkomstige lambda-expressie is :

```
((lambda (x y) (+ x y))
 1 (+ 1 x))
```

Deze laatste x is niet gekend in de huidige omgeving

---

9. Vervang let in de vorige oefening door let, en zet de uitdrukking om in een lambda-expressie. Leg uit waarom er deze keer niets misgaat.*

```
((lambda (x)
   ((lambda (y)
      (+ x y))
    (+ 1 x)))
 1)
```

hiergaat niets mis omdat de lambda's genest zijn

---

10. Kun je onderstaande uitdrukking doen werken door let te gebruiken ? Waarom (niet) ?*

```
(let ((fac (lambda (n)
     (if (= n 0) 1 (* n (fac (- n 1)))))))
  (fac 3))

((lambda (fac)
   (fac 3))
 (lambda (n)
   (if (= n 0)
       1
       (* n (fac (- n 1))))))
```

De fac is NIET gekend in de huidige environment. Door gebruik van een let* krijgt men ook bovenstaande lambda-functie

---

11. Wat is de output van (foo 1 2 3) ? En indien je alle let's door let vervangt? Teken het environment diagram.*

In de kolommen rechts staan steeds de waarden van a b & c. Als die regel onderstreept is wordt dit resultaat afgeprint.

```
(define (print-abc a b c)
  (display a) (display "  ")
  (display b) (display "  ")
  (display c) (newline))
```

```
                                a       b       c
(define (foo a b c)             1       2       3
  (print-abc a b c)             1       2       3
  (let ((a 4)                   4       2       3
        (c 5)                   4       2       5
        (b c))                  4       3       5
    (print-abc a b c)           4       3       5
    (let ((b 6)                 4       6       5
          (c a))                4       6       4
      (print-abc a b c))        4       6       4
    (let ((a b)                 3       3       5
          (c a))                3       3       4
      (print-abc a b c)))       3       3       4
  (print-abc a b c))            1       2       3
```

De uitvoer van (foo 1 2 3) zal dus zijn :

```
1       2       3
4       3       5
4       6       4
3       3       4
1       2       3
```

Chapter 3

1. Definieer de vermenigvuldiging aan de hand van de optelling. Schrijf hiervoor de functie (MULT a b), die twee positieve getallen optelt.

*a*0=0*
*a*1=a*0+a*
*a*2=a*1+a*
*a*3=a*2+a*

```
(define (MULTrec a b)
  (if (= b 0)
      0
      (+ a (MULT a (- b 1)))))

(define (MULTiter a b)
  (define (iter acc b)
    (if (= b 0)
        acc
        (iter (+ acc a) (- b 1))))
  (iter 0 b))
```

2. Definieer een functie MULT zoals in de vorige oefening, die echter in logaritmische tijd haar resultaat berekent (zie FAST-EXP, SICP pg. 42). Veronderstel dat je over de procedures DOUBLE en HALVE beschikt.

```
(define (double x) (* 2 x))
(define (halve x) (/ x 2))
;dit is een recursieve versie
(define (fastMULTrec a b)
  (cond ((= b 0) 0)
        ((even? b) (double (fastMULTrec a (halve b))))
        (else (+ a (fastMULTrec a (- b 1))))))
(define (fastMULTiter a b)
  (define (iter a b acc)
    (cond ((= b 0) acc)
          ((even? b) (iter (double a) (halve b) acc))
          (else (iter a (- b 1) (+ acc a)))))
  (iter a b 0))
```

3. Onderstaande reeksontwikkeling heeft als som het getal e. (CALC-E n) geeft de som van de eerste n+1 termen van de reeks. (factorial n) geeft n! (zie SICP pg 30), waarbij je n vermenigvuldigingen doet. Hoeveel vermenigvuldigingen neemt (CALC-E n) in beslag ? Verander de definitie zodat je precies n vermenigvuldigingen doet.

$$e = 1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \frac{1}{4!} + \frac{1}{5!} + \dots$$

```
(define (CALC-E n)
  (if (=n 0)
    1
    (+ (/ (factorial n))
      (CALC-E (- n 1)))))
        n       x
        1       1
        2       1 + 2
        3       1 + 2 + 3
        4       1 + 2 + 3 + 4
```

Het aantal vermenigvuldigingen $= \sum_{i=1}^{n} i$. De herschreven versie staat hieronder

```
(define (CALC-E n)
  (define (iter pos noemer acc)
    (if (> pos n)
        acc
        (iter (+ 1 pos) (* noemer pos) (+ acc (/ 1 noemer )))))
  (iter 1 1 0))
```

---

4. Onderstaande reeksontwikkeling berekent sin x. Definieer de procedure CALC-SIN, die de som van de eerste n termen berekent. Geef de formule die je het aantal vermenigvuldigingen oplevert voor n termen.

```
(define (calc-sin x n)
  (define (iter termnummer teller noemer acc)
    (if (> termnummer n)
        acc
        (iter (+ termnummer 1)
              (* teller x x) ;Hier twee vermenigvuldigingen
              (- (* noemer (* termnummer 2)
                           (+ (* termnummer 2) 1)))
              ;Hierboven maar 2 vermenigvuldigingen. De *2 is
              ;geen vermenigvuldiging
              (+ acc (/ teller noemer)))))
  (iter 1 x 1 0))
```

Het aantal vermenigvuldigingen is $4n$

---

5. Geef de output van de uitdrukking (count1 4) en (count2 4) indien COUNT1 en COUNT2 als volgt gedefinieerd zijn :

```
(define (count1 x)
  (cond ((= 0 x) (display x))
        (else (display x)
              (count1 (- x 1)))))
```

```
(define (count2 x)
  (cond ((= 0 x) (display x))
        (else (count2 (- x 1))
              (display x))))
(count1 4) geeft als output 43210
(count2 4) geeft als output 01234
```

---

6. Schrijf de procedure POWER-CLOSE-TO die twee positieve integers b en n als argumenten heeft en de kleinste integer e waarvoor geldt be>n teruggeeft. Vb (power-close-to 2 1000) ==> 10 (want 210 = 1024 en 29 = 512). Gebruik de Scheme procedure EXPT.

```
(define (power-close-to b n)
  (define (iter e)
    (if (> (expt b e) n)
        e
        (iter (+ e 1))))
  (iter 0))
```

---

7. Schrijf de functie ODD? en EVEN? in functie van elkaar.

```
(define (odd2? getal)
  (cond ((= getal 0) #f)
        ((= getal 1) #t)
        (else (even2? (- getal 1)))))
(define (even2? getal)
  (cond ((= getal 1) #f)
        ((= getal 0) #t)
        (else (odd2? (- getal 1)))))
```

---

8. De functie WEIRD is als volgt gedefinieerd :

```
WEIRD(x)        = 1                        als x = 1
                = WEIRD(x/2)     als x even is
                = WEIRD (3*x+1) else
```

Schrijf de procedure DEPTH-WEIRD die het aantal recursieve oproepen van WEIRD voor een bepaalde x teruggeeft.

```
(define (weird x)
  (define (iter x count)
    (cond ((= x 1) count)
          ((even? x) (iter (/ x 2) (+ count 1)))
          (else (iter (+ (* 3 x) 1) (+ count 1)))))
  (iter x 1))
```

---

9. Schrijf 2 functies die door middel van simulatie berekenen hoeveel recursieve oproepen gebeuren in oefening 1 en 2.

```
(define (MULT a b)
  (define (iter b c)
    (if (= b 0)
        c
```

```
            (iter (- b 1) (+ c 1))))
      (iter b 1))
    (define (fastmult a b)
      (define (iter a b c)
        (cond ((= b 0) c)
              ((even? b) (iter a (halve b) (+ c 1)))
              (else (iter a (- b 1) (+ c 1)))))
      (iter a b 1))
```

Chapter 4

Test : Schrijf een procedure (DISPLAY-AS-BINARY N), die een positief geheel getal N neemt, en dit in binaire vorm afdrukt. De meest rechtse bit is 1 als het getal oneven is, 0 als het getal even is. Voor de tweede bit van rechts deel je het getal door 2 (met de functie (QUOTIENT n1 n2) die het geheel equivalent is van (/ n1 n2)), en je doet dezelfde test. Voor de derde bit van rechts deel je het vorige quotiënt door 2 enz. Je mag een recursief proces genereren.

```
(define (binary x)
  (define (BINrec X)
    (cond ((= X 0) (display "0"))
          ;iedereen zet onderstaande test erbij, maar deze
          ;hoeft niet
          ;((= X 1) (display "1"))
          ((even? X) (BINrec (quotient X 2)) (display "0"))
          (else (BINrec (quotient x 2)) (display "1"))))
  (binrec x)
  (newline))
```

1. Schrijf de procedure (simp-int f a b n) die de integraal van een functie f tussen a en b benadert door middel van de regel van Simpson :

$$\frac{h}{3}[y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + \ldots + 2y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n]$$

$$h = \frac{b-a}{n}$$

$$y_k = f(a + kh)$$

Maak gebruik van de sum-procedure (p.54)

```
(define (sum term a next b)
  (define (iter acc p)
    (if (> p b)
        acc
        (iter (+ acc (term p)) (next p))))
  (iter 0 a))
```

```
(define (simp-int f a b n)
  (let* ((h (/ (- b a) n))
         (y (lambda (k)
              (f (+ a (* k h)))))
         (term
           (lambda (k)
             (cond ((= k 0) (f a))
                   ((= k n) (f b))
                   ((even? k) (* 2 (y k)))
                   (else (* 4 (y k))))))
         (next (lambda (x) (+ x 1))))
    (/ (* h (sum term 0 next n)) 3)))
```

---

2. Definieer de procedure (PRODUCT factor a next b), naar analogie met de functie SUM (boek blz. 54). Deze procedure moet een iteratief proces genereren. Schrijf FACTORIAL met behulp van product.

```
(define (product factor a next b)
  (define (iter pos acc)
    (if (> pos b)
        acc
        (iter (next pos) (* acc (factor pos)))))
  (iter a 1))

(define (factorial n)
  (product (lambda (x) x) 1 (lambda (x) (+ x 1)) n))
```

---

3. Schrijf de procedure (ACCUMULATE combiner null-value term a next b), die een veralgemening is van de procedures SUM en PRODUCT (ze genereert een iteratief proces). Combiner is een procedure die specifieert hoe de huidige term moet gecombineerd worden met de accumulate van de voorgaande termen. Null-value specifieert de initiele waarde van accumulate. Schrijf PRODUCT en SUM met behulp van ACCUMULATE.

```
(define (accumulate combiner null-value term a next b)
  (define (iter pos acc)
    (if (> pos b)
        acc
        (iter (next pos) (combiner acc (term pos)))))
  (iter a null-value))

(define (product factor a next b)
  (accumulate * 1 factor a next b))

(define (sum term a next b)
  (accumulate + 0 term a next b))
```

---

4. Veralgemeen ACCUMULATE naar FILTERED-ACCUMULATE. Deze procedure heeft een extra-argument filter dat bepaalt welke termen er geaccumuleerd worden. Zij genereert ook een iteratief proces. Schrijf de procedure PRODUCT-GCD(n) die het product berekent van alle integers i>n waarvoor geldt GCD(i,n)=1.

```
(define (filter-accumulate filter combiner null-value term a next b)
```

```
  ;de parameter filter bepaalt welke termen wegvallen
  (define (iter pos acc)
    (cond ((> pos b) acc)
          ((filter pos) (iter (next pos) acc))
          (else (iter (next pos) (combiner acc (term pos)))))
  (iter a null-value))

(define (product-gcd n)
  (filter-accumulate
    (lambda (i) (<> (gcd i n) 1))
    *
    1
    (lambda (x) x)
    1
    (lambda (x) (+ x 1))
    n))
```

---

5. Definieer met behulp van ACCUMULATE een procedure die de maximum waarde van een functie in een interval berekent. Gebruik hiervoor de procedure MAX.

```
(define (locmax f a b)
  (accumulate
    max                                ;combiner
    (f a)                              ;null-value
    (lambda (x) x)                     ;term
    a                                  ;a
    (lambda (x) (+ x 1))               ;next
    b))                                ;b
```

---

6. Definieer CALC-E en CALC-SIN met behulp van ACCUMULATE. Weeg de voor-en nadelen af van het gebruik van hogere orde-functies, zoals ACCUMULATE.

```
(define (calc-e n)
  (accumulate
    +                                  ;combiner
    0                                  ;null-value
    (lambda (n)
      (/ 1 (factorial n)))             ;term
    0                                  ;a
    (lambda (n) (+ n 1))               ;next
    n))                                ;b

(define (calc-sin x n)
  (accumulate
    +                                  ;combiner
    0                                  ;null-value
    (lambda (n)
      (/ (expt x (+ (* n 2) 1))
         (factorial (+ (* n 2) 1))))   ;term
    0                                  ;a
    (lambda (n) (+ n 1))               ;next
    n))                                ;b
```

het nadeel van deze aanpak is dat hij minder efficiënt werkt...

---

7. Het fixed-point van een functie f is het getal x waarvoor geldt f(x)=x. Voor sommige functies kan dit fixed-point gevonden worden door te beginnen met een willekeurige waarde x en de functie f herhaaldelijk toe te passen, f(x), f(f(x)), f(f(f(x))),... tot de waarde satbiel is. Schrijf de procedure (FIXED-POINT f x).

```
(define (fixed-point f x)
  (define (iter oude nieuwe)
    (if (< (abs (- waarde oude)) 0.01)
        nieuwe
        (iter nieuwe (f nieuwe))))
  (iter x (f x)))
```

---

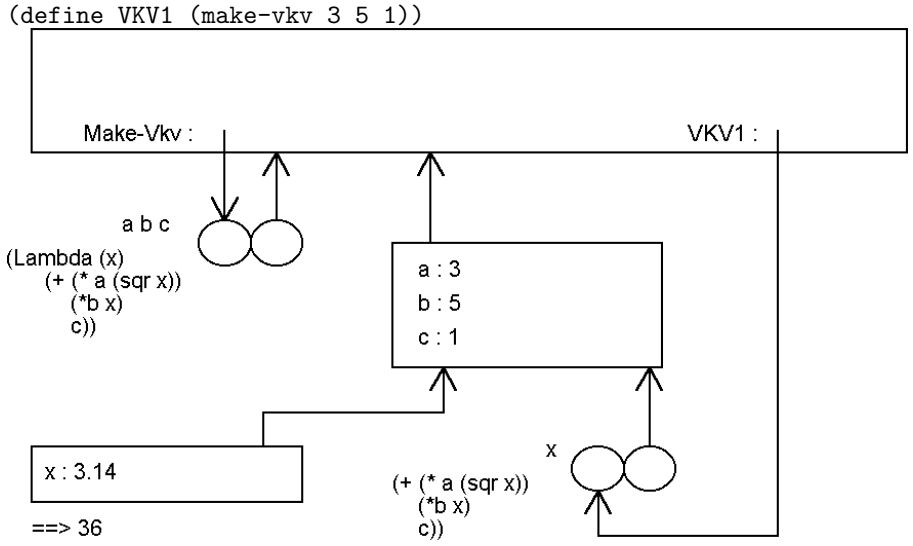
8. Geef definities van f zodanig dat de volgende expressies de waarde 5 teruggeven.

```
f          (define f 5)
(f)        (define f (lambda () 5))
(f 3)      (define f (lambda (x) 5))
((f))      (define f
             (lambda ()
               (lambda () 5)))
(((f)) 3)  (define f
             (lambda ()
               (lambda ()
                 (lambda (x) 5))))
```

---

9. Schrijf een functie MAKE-VKV, die als parameters de coëfficienten a b c van een vierkantsvergelijking heeft, en de vierkantsvergelijking als functie met één parameter teruggeeft. Definieer de functie VKV1(x) = $3x^2+5x+1$. Teken het omgevingsdiagram voor de oproep (VKV1 3.14).

```
(define (make-vkv a b c)
  (lambda (x) (+ (* a (sqr x)) (* b x) c)))
(define VKV1 (make-vkv 3 5 1))
```



---

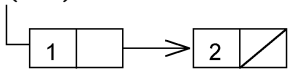
10. Definieer een procedure (REPEATED f n) die een procedure teruggeeft die f n maal toepast, f(f(f(f(...f(f(f(x))...)))))). Gebruik REPEATED in een procedure die de n-de afgeleide van een functie in een punt x benadert.

```
(define (repeated f n)
  (define (calc-n-maal x)
    (define (iter nogtegaan result)
      (if (= nogtegaan 0)
          result
          (iter (- nogtegaan 1) (f result))))
    (iter n x))
  calc-n-maal)
```

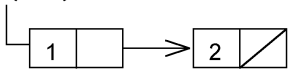
Chapter 5

1. Geef de box-en pointer representatie en de print-representatie van de onderstaande expressies.

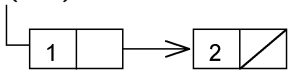
```
(list 1 2)
(1 2)
```



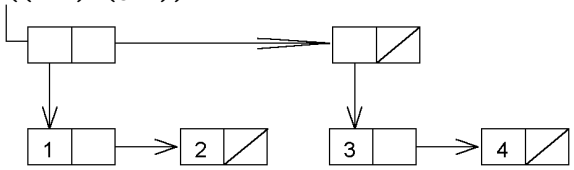

```
(cons 1 (list 2))
(1 2)
```



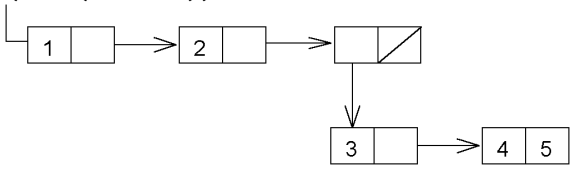

```
(cons 1 (cons 2 '()))
(1 2)
```




```
(list (list 1 2) (list 3 4))
((1 2) (3 4))
```




```
(list 1 2 (cons 3 (cons 4 5)))
(1 2 (3 4 . 5))
```



2.Schrijf de procedure LAST die het laatste element van een lijst teruggeeft.

```
(define (LAST l)
  (cond ((null? l) (error "kan niet"))
```

```
        ((null? (cdr l)) (car l))
        (else (LAST (cdr l)))))
```

---

3. Definieer de procedure (ADD-TO-END e l) die een nieuwe lijst teruggeeft met dezelfde elementen als lijst l plus het object e aan het einde toegevoegd.

```
(define (append-el el lst)
  (define (voorlaatste eindigtop)
    (define (iter lst)
      (if (eq? (cdr lst) eindigtop)
          lst
          (iter (cdr lst))))
    (iter lst))
  (define (iter newl lastlst)
    (cond ((eq? lastlst lst) newl)
          (else
            (let ((newlast (voorlaatste lastlst)))
              (iter (cons (car newlast) newl) newlast)))))
  (if (null? lst)
      (list el)
      (let ((startlast (voorlaatste '())))
        (iter (list (car startlast) el) startlast))))
```

NOOT : Deze procedure werkt maar is totaal inefficient. Deze kan niet efficient geschreven worden omdat de cons niet commutatief is. In de volgende oefening wordt van dit feit gebruik gemaakt.

---

4. Schrijf de procedure (REVERSE l) die een lijst teruggeeft met dezelfde elementen als l maar in de omgekeerde volgorde. Maak 2 versies : één die een recursief proces genereert en één die een iteratief proces genereert. Denk eens na over de performantie.

```
(define (reverse2 l)
  (define (iter l acc)
    (if (null? l)
        acc
        (iter (cdr l) (cons (car l) acc))))
  (iter l '()))
```

---

5. Schrijf de functie (CHANGE e1 e2 l), die een lijst teruggeeft, gelijk aan lijst l, maar waarin alle elementen gelijk aan e1 vervangen zijn door e2. Gebruik (eq? e1 e2) om twee elementen te vergelijken. De procedure mag een recursief proces genereren.

```
(define (change e1 e2 l)
  (cond ((null? l) '())
        ((eq? (car l) e1) (cons e2 (change e1 e2 (cdr l))))
        (else (cons (car l) (change e1 e2 (cdr l))))))
```

---

6. Schrijf de procedure (equal? l1 l2) die nagaat of twee lijsten van symbolen l1 en l2 gelijk zijn. Gebruik (eq? e1 e2) om twee elementen te vergelijken.

```
(define (equal2? l1 l2)
  (if (or (null? l1) (null? l2))
      (eq? l1 l2)
      (and (eq? (car l1) (car l2))
           (equal? (cdr l1) (cdr l2)))))
```

7. Wat is het resultaat van de volgende expressies :

```
(list 'a 'b 'c)                          ;(a b c)
(list (list 'george))                    ;((george))
(cdr '((x1 x2) (y1 y2))                  ;((y1 y2))
(cadr '((x1 x2) (y1 y2))                 ;(y1 y2)
(atom? (car '(a short list)))            ;#t
(memq 'red '((red shoes) (blue socks))   ;#f
(memq 'red '(red shoes blue socks))      ;#t
(car ''abracadabra)                      ;quote
(cdddr '(this list contains '(a quote))) ;(quote (a quote))
```

8. Indien p,q & r als volgt gedefinieerd zijn :

```
(define p (list cons +))
(define q '(cons +))
(define r (list 'cons '+))
```

Wat is dan het resultaat van onderstaande expressies

```
((car p) 3 4)   ;(3 . 4)
((cadr p) 3 4)  ;7
((car r) 3 4)   ;'cons is geen procedure
((cadr q) 3 4)  ;'+ is is geen procedure
```

NOOT : je ziet dat '(cons +) hetzelfde is als (list 'cons '+) en dat geen procedure-objecten worden bijgehouden maar wel de teksten CONS & + !

Dit is raar want de lijst '(5 6 7) kan nadien wel met de nummers werken. Dit wil dus ook zeggen dat nummers in scheme niet bestaan maar wel cijferketens(strings). Een expressie zoals (+ '2 '4) zal als resultaat dus 6 geven (GETEST !!!). Nu nog een test plegen met de reële getallen. En deze schoppen alles overhoop. Die werkt hetzelfde als de gehele getallen maar hij blijft binnen de 10 cijfers...

9. Schrijf een procedure mapcar, die twee parameters aanvaardt, een functie f en een lijst l. Het resultaat van mapcar zal een nieuwe lijst zijn, waarin de respectievelijke resultaten van de oproep van f met het overeenkomstige element uit l.

vb : (mapcar 1+ '(1 2 3 4)) ==> (2 3 4 5)

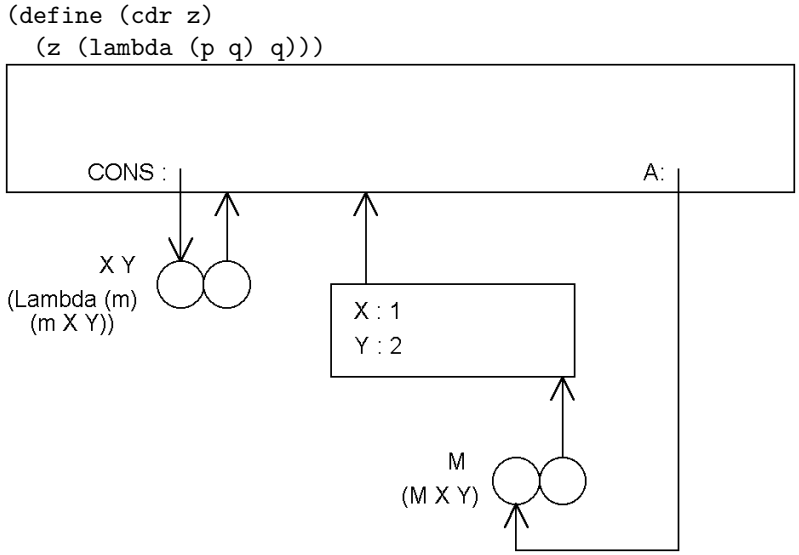
(mapcar square '(1 2 3 4)) ==> (1 4 9 16)

```
(define (mapcar f l)
  (if (null? l)
      '()
      (cons (f (car l)) (mapcar f (cdr l)))))
```

10. Geef de definitie van de procedure CDR indien CONS en CAR als volgt gedefinieerd zijn :

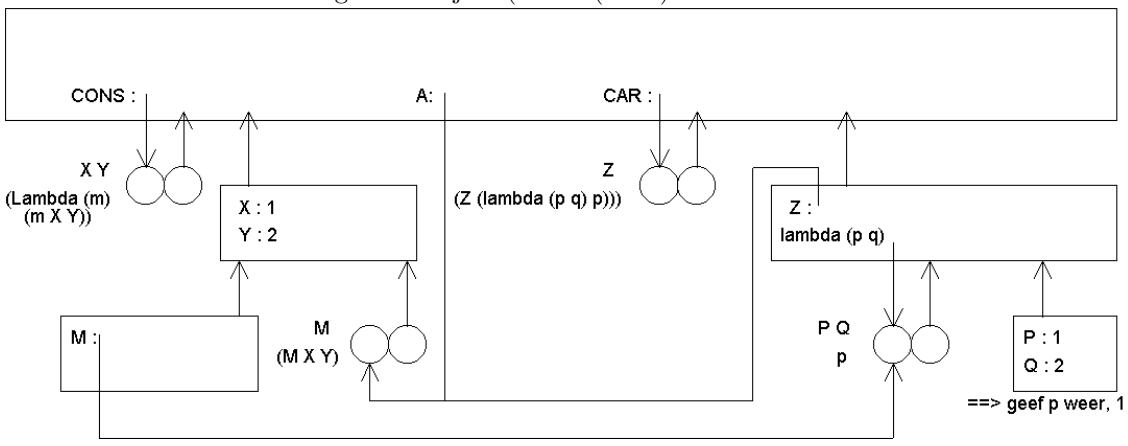
```
(define (cons x y)
  (lambda (m) (m x y))
(define (car z)
  (z (lambda (p q) p)))
```

Teken een environment evaluatie-model voor de expressie (define a (cons 1 2)). Wat gebeurt er nu bij evaluatie van (car a) en (cdr a) ?



- Eerst worden 1 2 geëvalueerd. Het resultaat is 1 & 2. Dan worden ze gebonden aan de procedure.
- De procedure cons wordt opgeroepen. Deze maakt een nieuwe procedure die slechts een parameter M neemt. Deze procedure wordt weergegeven.
- A wordt gelijkgesteld aan deze procedure.

Hieronder ziet u dan wat er gebeurt bij de (define (car z) ...



Toegift : (ex-examenvraag) De procedure (SUM-lists l1 l2) heeft als argumenten 2 lijsten met getallen, en geeft een lijst terug met de sommen van de overeenkomstige elementen van de input-lijsten.

Vb : (Sum-lists '(1 2 3 4) '(5 6 7)) —> (6 8 10 4)

Merk op dat de 2 input-lijsten niet dezelfde lengte hoeven te hebben. In dit geval worden de resterende elementen van de langste lijst overgenomen. Schrijf een recursieve versie en een iteratieve versie.

Laten we maar van start gaan : ik heb twee recursieve versies geschreven, beide met een verschillende performantie (denk ik toch)

```
(define (Sum-list l1 l2)
  (cond ((null? l1) l2)
        ((null? l2) l1)
        (else (append (list (+ (car l1) (car l2))) (Sum-list (cdr l1) (cdr l2))))))
```

bovenstaande oplossing gaat maar is niet erg efficient omdat ik door het gebruik van een append er voor zorg dat bij elke terugkeer uit een recursie de ganse lijst opnieuw aan een element wordt gehangen. Daarom biedt ik U een verbetering aan :

```
(define (Sum-list2 l1 l2)
  (cond ((null? l1)
           (if (null? l2)
               '()
               (cons (car l2) (Sum-list2 '() (cdr l2)))))
        ((null? l2)
            (cons (car l1) (Sum-List2 (cdr l1) '())))
        (else (cons (+ (car l1) (car l2)) (Sum-list2 (cdr l1) (cdr l2))))))
```

dan nu de gevraagde iteratieve versie. Hierin gebruik ik ook een 'append' maar hier kan het zoveel kwaad niet omdat het element dat ik er aan hang meestal toch maar een element is en omdat dit ding toch niet met 'consen' te solven is.

```
(define (Sum-list3 l1 l2)
  (define (iter result l1 l2)
    (cond ((null? l1) (append result l2))
          ((null? l2) (append result l1))
          (else (iter (append result (list (+ (car l1) (car l2))))
                      (cdr l1)
                      (cdr l2)))))
  (iter '() l1 l2))
```

Chapter 6

1. Definieer een datastruktuur om een lijnstuk voor te stellen door middel van het start-en eindpunt van het lijnstuk. Schrijf hiervoor de constructor MAKE-SEGMENT en de selectoren START-POINT en END-POINT. Definieer een punt door middel van zijn x en y coordinaten. Schrijf de nodige constructor en selectoren. Schrijf de procedure MIDPOINT die het midden van een segment teruggeeft.

eerst een definitie van de interface
een constructor make-segment

```
(define (make-segment start end) ...
```

twee selectors startpoint en endpoint

```
(define (startpoint segment) ...
(define (endpoint segment) ...
```

dan nu de definitie van een punt
de constructor

```
(define (make-point x y) ...
```

de selectors

```
(define (abcis point)...
(define (ordinaat point)...
```

hieronder staat dan de definite

```
(define (make-point x y)
  (cons x y))

(define (abcis point)
  (car point))

(define (ordinaat point)
  (cdr point))

(define (make-segment start end)
  (cons start end))

(define (startpoint seg)
```

```
  (car seg))

(define (endpoint seg)
 (cdr seg))
```

het midden van een segment is (x1+(x2-x1)/2,y1+(y2-y1)/2
eerst definieren van een hulpprocedure

```
(define (mid getal1 getal2)
  (+ (getal1 (/ (- getal2 getal1) 2))))

(define (midpoint seg)
  (make-point
    (mid (abcis (startpoint seg))
         (abcis (endpoint seg)))
    (mid (ordinaat (startpoint seg))
         (ordinaat (endpoint seg)))))
```

---

2. Definieer wiskundige vectoren. Schrijf hiervoor de procedure MAKE-W-VECTOR en de selectoren COORDINATE en DIMENSION. Implementeer dit eerst met lijsten, dan met Scheme vectoren. Wat zul je doen met coordinaten die niet bestaan ?

---

samenvatting van constructors en selectors die nodig zijn :

```
(make-w-vector coordinatenlijst)
(coordinate nummer wvect)
  nummer loopt van 1 tot n
(dimension wvect)
```

eerst de voorstelling met lijsten

```
(define (make-w-vector coordinatenlijst)
  coordinatenlijst)

(define (coordinate nummer wvect)
  (define (getelement pos lst)
    (if (= pos 1)
        (car lst)
        (getelement (- pos 1) (cdr lst))))
  (if (or (< nummer 1) (> nummer (dimension wvect)))
      (error "coordinate error...")
      (getelement nummer wvect)))

(define (dimension wvect)
  (define (iter acc lst)
    (if (null? lst)
        acc
        (iter (1+ acc) (cdr lst))))
  (iter 0 wvect))
```

dan nu de definitie met vectoren

```
(define (make-w-vector2 coordinatenlijst)
  (list->vector coordinatenlijst))
```

```
(define (dimension2 wvect)
  (vector-length wvect))

(define (coordinate2 nummer wvect)
  (if (or (< nummer 1) (> nummer (dimension2 wvect)))
      (error "coordinate-error")
      (vector-ref wvect (- nummer 1))))
```

---

3. Definieer het optellen, aftrekken, scalair vermenigvuldigen, en inprodukt voor vectoren. Bemerk de opvallende gelijkenis tussen optellen en aftrekken. Kan je dit in je voordeel gebruiken ?

De interface

```
(v+ wvect1 wvect2)
(v- wvect1 wvect2)
(v. wvect1 wvect2)
```

Vectoren met verschillende dimensie kunnen niet opgeteld, afgetrokken of geinprodukt worden... Dan nu de definitie van een hulp-procedure die kijkt of de twee vectoren wel dezelfde dimensie hebben.

```
(define (same-dimension wvect1 wvect2)
  (= (dimension wvect1) (dimension wvect2)))
```

Je mag hier geen gebruik meer maken van de kennis dat je met een lijst of met een vector werkt. Om nadien sneller te werken wordt hier een procedure aux gedefinieerd. Deze procedure combineert steeds twee overeenkomstige coordinaten uitde vector en propt ze in een nieuwe vector.

```
(define (aux combiner wvect1 wvect2)
  (define (coordinatenlijst)
    (define (iter coordinatenummer acclst)
      (if (= coordinatenummer 0)
          acclst
          (iter
            (- coordinatenummer 1)
            (cons (combiner
                    (coordinate coordinatenummer wvect1)
                    (coordinate coordinatenummer wvect2))
                  acclst))))
    (iter (dimension wvect1) '()))
  (if (same-dimension wvect1 wvect2)
      (make-w-vector (coordinatenlijst))
      (error "verschillende dimensie")))

(define (v+ wvect1 wvect2)
  (aux + wvect1 wvect2))

(define (v- wvect1 wvect2)
  (aux - wvect1 wvect2))

(define (v. wvect1 wvect2)
  (aux * wvect1 wvect2))
```

Je ziet dat deze drie laatste drie procedures zeer kort zijn. Dit komt omdat er steeds aux gebruikt wordt. Dit is het voordeel waarover sprake is in de opgave...

4. Vectoren zijn ook punten in de n-dimensionale ruimte. Definieer de operaties uit oefening 1 (2de deel) aan de hand van de wiskundige vectoren uit oefning 2.

```
(define (make-point x y)
  (make-w-vector (list x y)))

(define (abcis point)
  (coordinate 1 point))

(define (ordinaat point)
  (coordinate 2 point))
```

midpoint moet geen haar veranderen...

5. Definieer wiskundige veeltermen in één onbekende. Schrijf hiervoor de constructor MAKE-POLYNOME en de selectoren COEFFICIENT en ORDER. Gebruik de vectoren uit oefening 2 als implementatie.

```
(define (make-polynome coordinatenlijst)
  (list->vector coordinatenlijst))

(define (order pol)
  (- (vector-length pol) 1))

(define (coefficient nummer pol)
  ;het nummer van de coefficient komt overeen met het nummer van de macht
  ;voor de variabele...
  (let ((o (order pol)))
    (if (or (< nummer 0) (> nummer o))
      0
      (vector-ref pol (- o nummer)))))
```

6. Definieer de optelling, aftrekking en scalair produkt van veeltermen.

Om de optelling, aftrekking en dergelijke te definieren voel ik me geroepen een procedure te schrijven die een nieuwe polynoom ontwerpt door telkens de nieuwe coefficient op te vragen... De combiner neemt als parameter het coefficientnummer het resultaat van combiner moet de nieuwe coefficient zijn...

```
(define (aux combiner to)
  (define (iter coefnum acc)
    (if (> coefnum to)
        acc
        (iter (1+ coefnum) (cons (combiner coefnum ) acc))))
  (make-polynome (iter 0 '())))
```

Dan nu een nieuwe abstractie die twee polynomen combineert... F is een functie die twee coefficienten verwerkt...

```
(define (combine f pol1 pol2)
  (define (combiner coefnum)
    (f (coefficient coefnum pol1) (coefficient coefnum pol2)))
  (aux combiner (max (order pol1) (order pol2))))
```

```
(define (+pol pol1 pol2)
  (combine + pol1 pol2))

(define (-pol pol1 pol2)
  (combine - pol1 pol2))

(define (*pol scalair pol)
  (define (combiner coefnum)
    (* scalair (coefficient coefnum pol)))
  (aux combiner (order pol)))
```

---

7. Schrijf een operator POLYNOME-VALUE die de waarde van de veelterm in een punt berekent. Hoeveel vermenigvuldigingen worden er uitgevoerd ? Kan je dat verbeteren?

Normaal worden $\sum_{i=1}^{order} i$ vermenigvuldigingen gebruikt, hieronder staat de oplossing in n=order vermenigvuldigingen :

```
(define (polynome-value pol x)
  (define (iter coefnum acc)
    (if (= coefnum 0)
        (+ acc (coefficient 0 pol))
        (iter (- coefnum 1) (* (+ (coefficient coefnum pol) acc) x))))
  (iter (order pol) 0))
```

Chapter 7

1. Definieer de procedure (FRINGE l) die een lijst teruggeeft met alle atomen van de lijst l.
vb (fringe '((1) (((((2))))) (3 (4 5) ((6) ((((7)))))))) ==> (1 2 3 4 5 6 7)

```
(define (fringe l)
  (cond ((null? l) '())
        ((pair? l) (append (fringe (car l)) (fringe (cdr l))))
        (else (list l))))
```

2. Definieer de procedure (MAP-CDR f l) die, zoals MAP-LIST, f loslaat op elk element van l, maar die, inplaats van alle resultaten in een lijst te verzamelen, alle resultaten aan mekaar append. Schrijf hiermee een functie (REMOVE-ALL e l), die een lijst teruggeeft, gelijk aan l, maar waarin alle elementen gelijk aan e verwijderd zijn. Waarom kun je dit laatste niet met MAP-LIST ?

```
(define (map-cdr f l)
  (if (null? l)
      '()
      (append (f (car l)) (map-cdr f (cdr l)))))

(define (remove-all e l)
  (define (f key)
    (if (eq? key e)
        '()
        (list key)))
  (map-cdr f l))
```

Je kan dit niet met map-list omdat map-list niet append maar wel const. Zo verander je altijd de car van de cons-cellen. De cdr kan je gewoon niet aanraken.

3. Definieer de procedure (UN-FRINGE l) die een platte lijst als argument neemt en een lijst teruggeeft die, net als al haar sublijsten, maximaal 2 elementen telt en terug l geeft als jer er fringe op loslaat. (OPM : Vermits verschillende lijsten hetzelfde resultaat kunnen opleveren met FRINGE, is het resultaat van UNFRINGE niet eenduidig bepaald)
vb: (un-fringe '(1 2 3 4 5 6 7 8 9))
==> ((((1 2) (3 4)) ((5 6) (7 8))) 9)
of ==> (1 (2 (3 (4 (5 (6 (7 (8 9)))))))))
of ==> ((1 2) ((3 4) ((5 6) ((7 8 (9))))))

```
(define (un-fringe l)
  (cond ((null? l) '())
        (else (cons (car l) (list (un-fringe (cdr l)))))))
```

---

4. Definieer de procedure (DISPLAY-LIST l) die een lijst afprint zoals de scheme-evaluator het doet (inclusief dotted pair notatie)

```
(define (display-list l)
  (define (display-cons cns)
    (display-list (car cns))
    (cond ((null? (cdr cns)) #f)
          ((pair? (cdr cns))
           (display " ")
           (display-cons (cdr cns)))
          (else
           (display " . ")
           (display (cdr cns)))))
  (cond ((null? l) (display "()"))
        ((pair? l)
         (display "(")
         (display-cons l)
         (display ")"))
        (else (display l))))
```

---

5. Definieer het predicaat (SAME-STRUCTURE? l1 l2), dat nagaat of twee lijsten -op de atomen na- dezelfde struktuur hebben. Hoe rekening met 'dotted pairs'.

```
vb : (same-structure?   '((1 2) ((3 4) ((5 6) ((7 8) (9)))))
                                '((a b) ((b c) ((c dt) ((p l) (l))))) ==>#t
(same-structure?        '((1 2) ((3 4) ((5 6) ((7 8) (9)))))
                        '((((1 2) (3 4)) ((5 6) (7 8))) 9)) ==>#f
```

```
(define (same-struct l1 l2)
  (cond ((and (atom? l1)
              (atom? l2)) #t)
        ((and (pair? l1)
              (pair? l2)) (and (same-struct (car l1)
                                            (car l2))
                               (same-struct (cdr l1)
                                            (cdr l2))))
        (else #f)))
```

---

6. Definieer de functie (DEEP-COMBINE-OVER-LIST combiner nullvalue l), die alle atomen van een (eventueel geneste) lijst combineert. Hou rekening met 'dotted-pairs'.

vb : (DEEP-COMBINE-OVER-LIST + 0 '((((1 2) (3 4)) ((5 6) (7 8))) 9)) ==>45

```
(define (deep-combine-over-list combiner null-value l)
  (cond ((null? l) null-value)
        ((pair? l)
         (combiner (deep-combine-over-list combiner null-value
                     (car l))
                   (deep-combine-over-list combiner null-value
                     (cdr l))))
        (else l)))
```

7. Definieer de functie (DEEP-MAP-OVER-ATOMS f l),die als resultaat een lijst teruggeeft met dezelfde struktuur als l, maar waarin alle atomen vervangen zijn door het resultaat van f op het atoom. Hou rekening met 'dotted pairs'.

```
vb : (DEEP-MAP-OVER-ATOMS (lambda (x) (* x x))
  '((((1 . 2) (3 4)) ((5 6) (7 8))) . 9))
==> ((((1 . 4) (9 16)) ((25 36) (49 64))) . 81)
```

```
(define (deep-map-over-atoms f l)
  (cond ((null? l) '())
        ((pair? l)
         (cons (deep-map-over-atoms f (car l))
               (deep-map-over-atoms f (cdr l))))
        (else (f l))))
```

8. Definieer volgende functies aan de hand van DEEP-MAP-OVER-ATOMS en/of DEEP-COMBINE-OVER-LIST :

(DEEP-CHANGE e1 e2 l) : geeft een lijst terug met dezelfde struktuur maar alle atomen e1 verandert in e2.

(DEEP-ATOM-MEMBER? e l) : kijkt of een atoom ergens in een geneste lijst voorkomt.

(COUNT-ATOMS l) : telt het aantal atomen in een (ev. geneste) lijst.

```
(define (deep-change e1 e2 l)
  (deep-map-over-atoms
    (lambda (x)
      (if (eq? e1 x)
          e2
          x))
    l))

(define (deep-atom-member? e l)
  (deep-combine-over-list
    (eval 'or)
    #f
    (deep-map-over-atoms
      (lambda (x)
        (eq? x e))
      l)))

(define (count-atoms l)
  (deep-combine-over-list
    +
    0
    (deep-map-over-atoms
      (lambda (x) 1)
      l)))
```

9. Definieer de functie (TREE-ACCUMULATE tree term combiner null-value), die werkt zoals ACCUMULATE, maar de functie term alleen loslaat op atomen, en de combiner gebruikt om de accumulatie van deellijsten te combineren. Definieer FRINGE, DEEP-COMBINE-OVER-LIST en DEEP-MAP-OVER-ATOMS aan de hand van TREE-ACCUMULATE.

(*) kun je ook een DISPLAY-LIST schrijven aan de hand van TREE-ACCUMULATE ?

```
(define (tree-accumulate tree term combiner null-value)
  (cond ((null? tree) null-value)
        ((pair? tree)
         (combiner
           (tree-accumulate (car tree) term combiner
             null-value)
           (tree-accumulate (cdr tree) term combiner
             null-value)))
        (else (term tree))))

(define (fringe l)
  (tree-accumulate l list append '()))

(define (deep-combine-over-list combiner null-value l)
  (tree-accumulate l id combiner null-value))

(define (deep-map-over-atoms f l)
  (tree-accumulate l f cons '())
```

De display-list is niet zo te schrijven omdat er een actie plaats grijpt voor, tijdens en na het element.

Toegift : Een mobiel (zo'n ding dat je aan het plafond hangt en dat met de tocht beweegt), is ofwel een dom gewicht (getal), ofwel een koppel van twee armen, die elk een bepaalde lengte hebben, en waaraan weer een mobiel hangt. Je kunt er een construeren door (MAKE-MOBILE length1 weight1 length2 weight2), waarbij weight1 en weight2 ofwel getallen zijn (gewichten), ofwel meer mobielen. Definieer deze procedure en de corresponderende selectoren.

Definieer (MOBILE-WEIGHT m), die het totaal gewicht van het mobiel teruggeeft (het gewicht van de takken is verwaarlossbaar).

Een mobiel is in evenwicht wanneer het gewicht van tak1 maal de lengte van tek1 gelijk is aan het gewicht van tak2 maal de lengte van tak2, en wanneer deze conditie geldt voor alle sub-mobielen. definieer het predicaat (BALANCED? m), dat zegt of mobiel m gebalanceerd is.

De Maniakale Mobiel

Eerst definieren van de interface :
constructor

```
(maak-mobiel l1 w1 l2 w2)
```

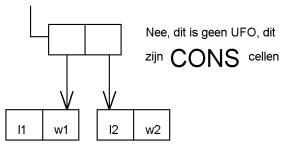
selectors

```
(linkerlengte mobiel)
(rechterlengte mobiel)
(rechterhangsel mobiel)
(linkerhangsel mobiel)
```

LinkerHANGSEL slaat op het feit dat het hangsel geen gewicht moet zijn maar ook een andere mobiel kan zijn. Om uit te maken of het aanhangsel nu een mobiel is of een gewicht moet er een functie ismobiel geschreven worden

```
(mobiel? mobiel)
```

Dan nu even denken over een voorstellingswijze : Elke mobiel bestaat zeker uit 4 zaken (l1, w1, l2 & w2). Deze 4 zaken kunnen bijgehouden worden in een lijst maar ik geef er de voorkeur aan om 3 cons-cellen te gebruiken. (Door cons-cellen te gebruiken bereik ik rapper het gevraagde)



En dan nu de implementatie...

```
(define (make-mobile l1 w1 l2 w2)
  (cons (cons l1 w1)
        (cons l2 w2)))

(define (linkerlengte mobiel)
  ;veiliger is hier een foutcontrole te steken, maar dat is
  ;niet gevraagd
  (caar mobiel))

(define (rechterlengte mobiel)
  (cadr mobiel))

(define (linkerhangsel mobiel)
  (cdar mobiel))

(define (rechterhangsel mobiel)
  (cddr mobiel))

(define (mobiel? mobiel)
  (if (pair? mobiel)
      #t
      #f))
```

Nu deze geschreven zijn kan ik aan de gevraagde functies beginnen; ten eerste de mobile-weight?

```
(define (mobile-weight mobiel)
  (if (mobiel? mobiel)
      ;als men een ECHTE mobiel vast heeft dan telt men de gewichten van de
      ;linkermobiel op bij de gewichten van de rechtermobiel...
      (+ (mobile-weight (linkerhangsel mobiel))
                        (mobile-weight (rechterhangsel mobiel)))
      ;als het mobiel geen mobiel is wordt er veronderstelt dat men
      ;het gewicht vast heeft...
      mobiel))
```

Ten tweede : de balanced?

```
(define (balanced? mobiel)
  ;een mobiel is gebalenceerd als
  ;       het linkergewicht . l1 = rechtergewicht . l2
  ;   EN  het linkerhangsel gebalanceerd is
  ;   EN  het rechterhangsel gebalanceerd is
  ;als balanced wordt opgeroepen op een gewicht wordt #t weergegeven
  (if (mobiel? mobiel)
      (AND (= (* (mobile-weight (linkerhangsel mobiel)) (linkerlengte mobiel))
              (* (mobile-weight (rechterhangsel mobiel)) (rechterlengte mobiel)))
           (balanced? (linkerhangsel mobiel))
           (balanced? (rechterhangsel mobiel)))
      #t))
```

Chapter 8

De software firma waar je werkt heeft net een grote opdracht binnengehaald : een echt CAD/CAM systeem. Als een van hun betere software ontwikkellaars moet jij de basisbibliotheek uitbouwen in Scheme.

---

1. Je begint met het ontwerpen van een generisch frame-work voor enkele geometrische figuren in het carthesische vlak : point (een punt), segment (een lijnstuk) en circle (een cirkel). Met je collega's spreek je volgende constructoren af.

```
(Make-point x y)                Make a point with given coordinates
(Make-segment p1 p2)    Make a segment with the given start- and end-point
(Make-circle c r)               Make a circle with given center and radius.
```

Naast de operatoren invers aan de constructoren definieer je voor elke figuur de operator center (middelpunt) en surface (oppervlakte). Als documentatie teken je een tabel waarin je de operatoren tegenover de types uitzet. elke entry in de tabel bevat de formule (waarmee je het gevraagde berekent) of 'error (als de operator niet van toepassing is op dit type). Uiteindelijk definieer je een procedurele interface voor een generisch type figuur.

---

	point	segment	circle
x-coor	x	'error	'error
y-coor	y	'error	'error
punt1	'error	p1	'error
punt2	'error	p2	'error
straal	'error	'error	r
center	(x,y)	$\frac{p_1+p_2}{2}$	c
surface	0	0	πr^2

De interface :

```
(make-point x y)
```

;maakt een punt van de gegeven x en y coordinaten

```
(x-coor punt)
```

;geeft de x-coordinaat weer van een gegeven punt

```
(y-coor punt)
```

;geeft de y-coordinaat weer van een gegeven punt

```
(make-segment p1 p2)
```

;maakt een segment van de gegeven punten

```
(punt1 segment)
```

;vraagt het eerste punt op van een segment

```
(punt2 segment)
```

;vraagt het tweede punt op van een segment

```
(make-circle c r)
```

;maakt cirkel van het gegeven centrum en de straal

```
(straal circle)
```

;geeft de straal weer van de cirkel

```
(center object)
```

;indien het type van object :
; punt : (x,y)
; segment : (p1+p2)/2
; circle : c

```
(surface object)
```

;indien het type van object :
; punt : 0
; segment : 0
; circle : pi * r * r

---

2. Na overleg met je collega's krijg je het groen licht om aan de implementatie te beginnen.

- Je maakt bovenstaande constructoren en selectoren aan de hand van 'manifest types' (SICP sectie 2.3.2 p. 132)
- Je implementeert de tabel aan de hand van de 'put' operator.
- Je bouwt een procedurele interface voor een geometrische figuur

Als goeie informaticus denk je ook eens na over de voordelen van je aanpak.

```
;de constructors
(define (make-point x y)
  (attach-type 'point (cons x y)))

(define (make-segment p1 p2)
  (attach-type 'segment (cons p1 p2)))

(define (make-circle c r)
  (attach-type 'circle (cons c r)))

;dan nu de tabel in geheugen steken
(put 'point 'x-coor  (lambda (x) (car x)))
(put 'point 'y-coor  (lambda (x) (cdr x)))
(put 'point 'punt1   'error)
(put 'point 'punt2   'error)
```

```
(put 'point 'straal  'error)
(put 'point 'center  (lambda (x) x))
(put 'point 'surface (lambda (x) 0))
(put 'segment 'x-coor  'error)
(put 'segment 'y-coor  'error)
(put 'segment 'punt1   (lambda (x) (car x)))
(put 'segment 'punt2   (lambda (x) (cdr x)))
(put 'segment 'straal  'error)
(put 'segment 'center  (lambda (x)
    (make-point (/ (+ (x-coor (car x)) (x-coor (cdr x))) 2)
                (/ (+ (y-coor (car x)) (y-coor (cdr x))) 2))))
(put 'segment 'surface (lambda (x) 0))
(put 'circle 'x-coor  'error)
(put 'circle 'y-coor  'error)
(put 'circle 'punt1   'error)
(put 'circle 'punt2   'error)
(put 'circle 'straal  (lambda (x) (cdr x)))
(put 'circle 'center  (lambda (x) (car x)))
(put 'circle 'surface (lambda (x) (* PI (cdr x) (cdr x))))
```

De voordelen van deze aanpak : Als er een nieuw type toegevoegd moet worden moet er enkel aan deze put-lijst gesleuteld worden. Er moet niets aan de andere code verandert worden.

```
(define (x-coor geomfig)
  (operate 'x-coor geomfig))
(define (y-coor geomfig)
  (operate 'y-coor geomfig))
(define (punt1 geomfig)
  (operate 'punt1 geomfig))
(define (punt2 geomfig)
  (operate 'punt2 geomfig))
(define (straal geomfig)
  (operate 'straal geomfig))
(define (center geomfig)
  (operate 'center geomfig))
(define (surface geomfig)
  (operate 'surface geomfig))
```

---

3. Tijdens een tussentijdse evaluatie met de klant wordt opgemerkt dat er een figuurtype ontbreekt : een HV-rectangle (een rechthoek met enkel horizontale en vertikale zijden). Enthousiast ga je aan de slag om het nieuwe type toe te voegen (waarbij je natuurlijk ook de documentatie aanpast).
   (make-hv-rect left-top right-bottom)
   Met je collega's definieer de bovenstaande constructor. Daarna

   - vul je de tabel uit oefening 1 aan
   - implementeer je de constructor en vervolledig je de tabel uit oefening 2
   - breid je de procedurele interface voor geometrische figuren eveneens uit

Opnieuw denk je na over de voordelen van je aanpak

	point	segment	circle	rectangle
x-coor	x	'error	'error	'error
y-coor	y	'error	'error	'error
punt1	'error	p1	'error	'error
punt2	'error	p2	'error	'error
straal	'error	'error	r	'error
left-top	'error	'error	'error	lt
right-bottom	'error	'error	'error	rb
center	(x, y)	$\frac{p_1+p_2}{2}$	c	$\frac{lt+rb}{2}$
surface	0	0	πr^2	$(rb_x - lt_x)(rb_y - lt_y)$

```
;de constructor
(define (make-rectangle lt rb)
  (attach-type 'rectangle (cons lt rb)))

(put 'point   'left-top      'error)
(put 'point   'right-bottom  'error)
(put 'segment 'left-top      'error)
(put 'segment 'right-bottom  'error)
(put 'circle  'left-top      'error)
(put 'circle  'right-bottom  'error)
(put 'rectangle 'x-coor      'error)
(put 'rectangle 'y-coor      'error)
(put 'rectangle 'punt1       'error)
(put 'rectangle 'punt2       'error)
(put 'rectangle 'straal      'error))
(put 'rectangle 'left-top    (lambda (x) (car x)))
(put 'rectangle 'right-bottom (lambda (x) (cdr x)))
(put 'rectangle 'center      (lambda (x)
    (make-point (/ (+ (x-coor (car x)) (x-coor (cdr x))) 2)
                (/ (+ (y-coor (car x)) (y-coor (cdr x))) 2))))
(put 'rectangle 'surface     (lambda (x)
    (* (- (y-coor (cdr x)) (y-coor (car x)))
       (- (x-coor (cdr x)) (x-coor (car x))))))
(define (left-top geomfig)
  (operate 'left-top geomfig))
(define (right-bottom geomfig)
  (operate 'right-bottom geomfig))
```

---

4. Na oplevering blijkt je procedurele interface onvolledig. Voor een efficiënt picking-algoritme is er een extra operator nodig.

(enclosing-HV-rect figure)

;answer the smallest enclosing HV-rect for a figure

Als je de nodige aanpassingen doorvoert blijken de voordelen van je aanpak nu pas echt naar boven te komen. Nietwaar ?

Je kan nu een extra operator toevoegen in de tabel die als functieresultaat de HV-rect bevat. Een beter oplossing is het vervolledigen van de top-left en right-bottom procedures.

	point	segment	circle	rectangle
x-coor	x	'error	'error	'error
y-coor	y	'error	'error	'error
punt1	'error	p1	'error	'error
punt2	'error	p2	'error	'error
straal	'error	'error	r	'error
left-top	(x, y)	$min\{p_1, p_2\}$	c-r	lt
right-bottom	(x, y)	$max\{p_1, p_2\}$	c+r	rb
center	(x, y)	$\frac{p_1+p_2}{2}$	c	$\frac{lt+rb}{2}$
surface	0	0	πr^2	$(rb_x - lt_x)(rb_y - lt_y)$

```
(put 'point   'left-top      (lambda (x) x))
(put 'point   'right-bottom  (lambda (x) x))
(put 'segment 'left-top      (lambda (x)
    (make-point (min (x-coor (car x)) (x-coor (cdr x)))
                (min (y-coor (car x)) (y-coor (cdr x))))
(put 'segment 'right-bottom  (lambda (x)
    (make-point (max (x-coor (car x)) (x-coor (cdr x)))
                (max (y-coor (car x)) (y-coor (cdr x))))
(put 'circle  'left-top      (lambda (x)
    (make-point (- (x-coor x) r)
                (- (y-coor x) r))))
(put 'circle  'right-bottom  (lambda (x)
    (make-point (+ (x-coor x) r)
                (+ (y-coor x) r))))
(define (enclosing-HV-rect figure)
  (make-rect (operate 'left-top figure)
             (operate 'right-bottom figure)))
```

---

5. Opnieuw komt er een tekort naar boven : een predicaat dat zegt of twee generische figuren elkaar snijden.

(intersects? figure1 figure2)

;answer whether figure1 intersects with figure2

Documenteer (a.h.v. een tabel) en implementeer bovenstaande operatie. Denk na over de gevolgen.

---

intersects	point	segment
point	de punten zijn gelijk	ligt het punt op het segment
segment	ligt het punt op het segment	snijden de twee segmenten
circle	ligt het punt op de cirkel	snijdt het segment de cirkel
rectangle	ligt het punt op de rectangle	snijdt het segment één van de zijden van de rectangle

intersects	circle	rectangle
point	ligt het punt op de cirkel	ligt het punt op de rectangle
segment	snijdt het segment de cirkel	snijdt het segment een van de zijden
circle	snijden de twee cirkels	snijdt de cirkel 1 van de zijden
rectangle	snijdt de cirkel 1 van de zijden	snijdt 1 van de zijden een zijde van de andere rectangle

Je ziet dat deze tabel gigantisch wordt als je meer typisch gaat gebruiken. Deze tabel kan verkleint worden door allerlei trucjes te gebruiken.

a. Je ziet dat al de vakjes met coordinaat x,y dezelfde tekst bevatten als de vakjes met coordinaat y,x. Dit zorgt er voor dat de helft van de tabel weggelaten kan worden.

intersects	point	segment
point	de punten zijn gelijk	ligt het punt op het segment
segment	turn	snijden de twee segmenten
circle	turn	turn
rectangle	turn	turn

intersects	circle	rectangle
point	ligt het punt op de cirkel	ligt het punt op de rectangle
segment	snijdt het segment de cirkel	snijdt het segment een van de zijden
circle	snijden de twee cirkels	snijdt de cirkel 1 van de zijden
rectangle	turn	snijdt 1 van de zijden een zijde van de andere rectangle

b. Als je nu elk point opwaardeert naar een segment met hetzelfde beginpunt en eind-punt dan valt weer een ganse rij & kolom weg.

intersects	segment	circle	rectangle
segment	snijden de twee segmenten	snijdt het segment de cirkel	snijdt het segment een van de zijden
circle	**turn**	snijden de twee cirkels	snijdt de cirkel één van de zijden
rectangle	**turn**	**turn**	snijdt 1 van de zijden een zijde van de andere rectangle

c. een rectangle is een verzameling van 4 segmenten. Als je bij elke rectangle nu telkens vier segmenten gaat snijden dan verliest men weer een rij & een kolom. Men moet wel de procedure schrijven die kijkt of dat men met een rectangle te doen heeft.

intersects	segment	circle
segment	snijden de twee segmenten	snijdt het segment de cirkel
circle	**turn**	snijden de twee cirkels

De implementatie

```
(put 'segment 'segment
  (lambda (s1 s2)
    ;hier komt de routine die controleert of twee segmenten
    ;snijden
  ))
(put 'segment 'circle 'turn)
(put 'circle 'segment
  (lambda (c s)
    ;hier komt de routine die kijkt of s c snijdt
  ))
(put 'circle 'circle
  (lambda (c1 c2)
    ;hier komt de routine die kijkt of ze snijden
  ))
(define (intersects? figure1 figure2)
  (define (intersectrect r f)
    (let* ((lt (left-top r))
           (rb (right-borrom r))
           (lb (make-point (x-coor lt) (y-coor rb)))
           (rt (make-point (x-coor rb) (u-coor lt))))
      (or (intersects? (make-segment lt rt) f)
          (intersects? (make-segment rt rb) f)
          (intersects? (make-segment rb lb) f)
          (intersects? (make-segment lb lt) f))))
  (cond ((eq? (type figure1) 'point)
         (intersects? figure2 (make-segment figure1 figure1)))
        ((eq? (type figure2) 'point)
```

```
 (intersects? figure1 (make-segment figure2 figure2)))
((eq? (type figure1) 'rectangle)
 (intersectrect figure1 figure2))
((eq? (type figure2) 'rectangle)
 (intersectrect figure2 figure1))
(else
 (let ((proc (get (type figure1) (type figure2))))
   (if (eq? proc 'turn)
       (intersects? figure2 figure1)
       (proc figure1 figure2))))))
```

Chapter 9

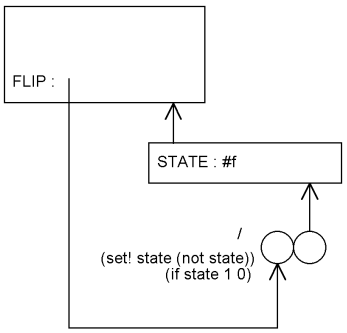
1. Definieer een procedure (FLIP) die 1 teruggeeft bij de eerste oproep, 0 bij de tweede oproep, 1 bij de derde oproep, enz...

```
>>>(flip)
1
>>>(flip)
0
>>>(flip)
1
>>>(flip)
0
```

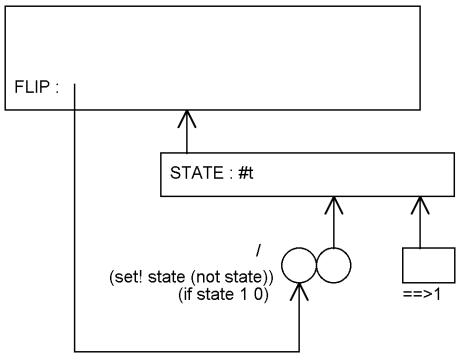
Gebruik het environment model om elke oproep van flip te analyseren.

```
(define flip
  (let ((state #f))
    (lambda ()
      (set! state (not state))
      (if state 1 0))))
```

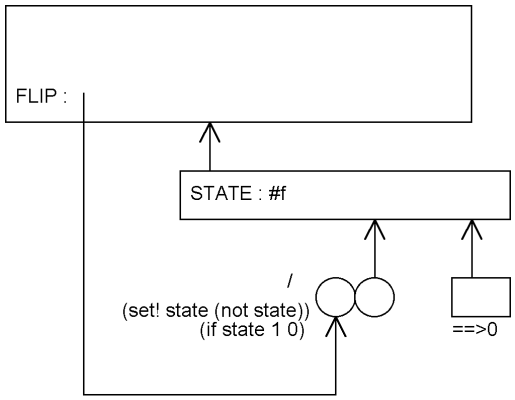
1. Als flip wordt gedefinieerd heeft men



2. Bij de eerste aanroep van flip gebeurt het volgende : Er wordt een doos gemaakt (de lege doos hier omdat geen parameters aan flip worden meegegeven). Dan wordt de body uitgewerlt. State wordt op not state gezet. (reeds gedaan op de tekening) en dan wordt een 1 of een 0 weergegeven, afhankelijk van de state. Hier zal het een één zijn.



3. Hetzelfde als bij 2 gebeurt nu ook bij een volgende aanroep.



---

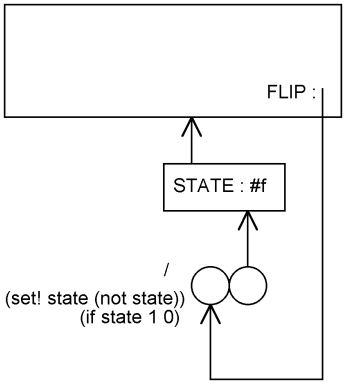
2. Schrijf een procedure (MAKE-FLIP) die kan gebruikt worden om de procedure FLIP als volgt te definieren : (define flip (MAKE-FLIP))

```
(define (make-flip)
  (let ((state #f))
    (lambda ()
      (set! state (not state))
      (if state 1 0))))
```

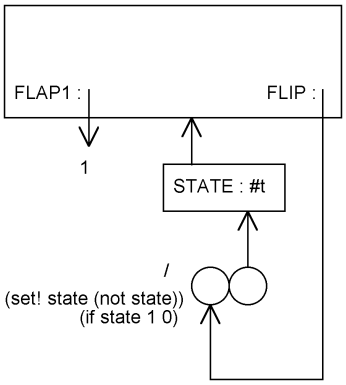
---

3. Gegeven de volgende definities :
   (define flip (make-flip))
   (define flap1 (flip))
   (define (flap2) (flip))
   (define flap3 flip)
   (define (flap4) flip)
   Wat is dan de waarde van de volgende expressies (indien ze in volgorde geëvalueerd worden)

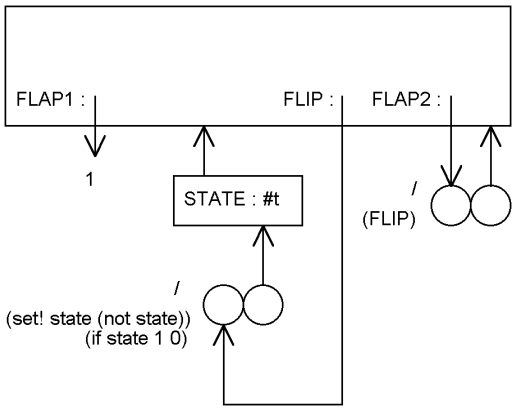
```
(define flip (make-flip))
```



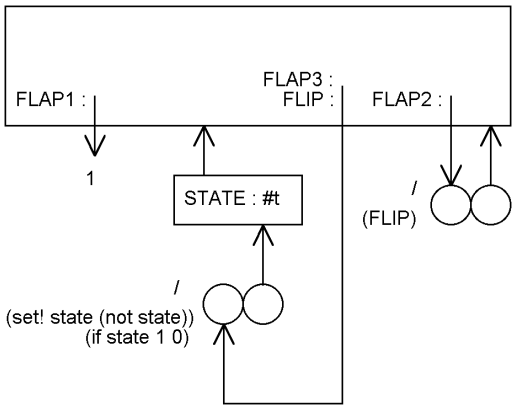
(define flap1 (flip)) : hier wordt de flip eerst geëvalueerd. Dit wil zeggen dat state op true komt te staan en dat flap1 op 1 komt te staan



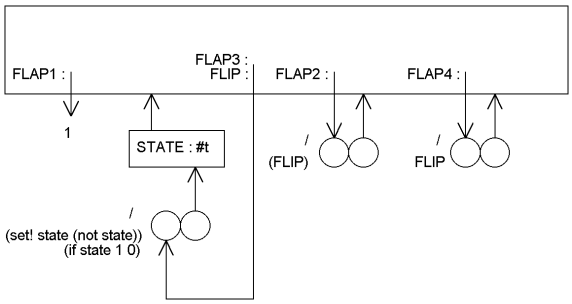
(define (flap2) (flip)) : flap2 wordt gedefinieerd als een procedure die als body heeft : de uitvoer van (flip)



(define flap3 flip) : flap3 wordt hier gedefinieerd als een andere naam voor flip :



(define (flap4) flip) : flap4 is gedefinieerd als een procedure die een andere procedure weergeeft :



Nu de omgeving gedefinieerd is kan ik beginnen aan de evaluatie van onderstaande expressies :

flap1 : in het omgevingsdiagram zie je duidelijk dat flap1 gedefinieerd is als 1. Dus het resultaat zal 1 zijn.

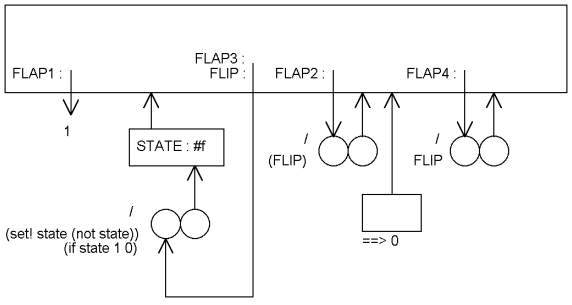
flap2 : is gedefinieerd als een procedure. Het resultaat is dus : #<PROCEDURE>

flap3 : flap3 is een andere naam voor flip, wat een procedure is. Dus : #<PROCEDURE>

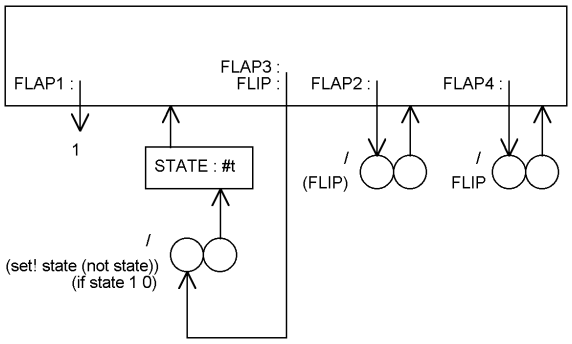
flap4 is eveneens een procedure (zie diagram) : #<PROCEDURE>

(flap1) : Flap1 is 1. De evaluatie van (1) zal dus als antwoordt hebben : 1 is geen procedure

(flap2) zal een lege doos aanmaken (met geen parameters dus) onde de global environment en dan (flip) evalueren. Dit wil zeggen dat state op #f komt en dat 0 wordt weergegeven.



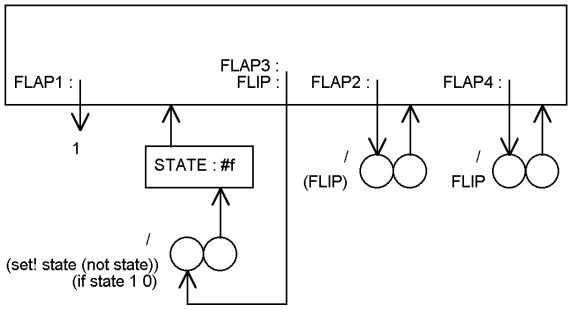
(flap3) : flap3 is een andere naam voor flip. Hier staat dus eigenlijk (flip) die zal evalueren tot 1 en state zal op #t komen te staan :



(flap4) : Als flap4 geëvalueerd wordt zal de procedure flip als resultaat worden weergegeven : #<PROCEDURE>

flap1 is nog steeds 1

(flap3) is nog steeds een andere naam voor flip. Flip wordt dus geëvalueerd. state op #f en resultaat 0



(flap2) is een procedure die (flip) evalueerd en het resultaat ervan weergeeft. Flip evalueren betekent state op #t en 1 weergeven.

---

4. Definieer een functie f zodat (+ (f 0) (f 1)) 1 teruggeeft als in jouw Scheme versie de operander van rechts naar links worden geëvalueerd, 0 indien ze van links naar rechts worden geëvalueerd.

```
(define f
  (let ((flip (make-flip)))
    (lambda (x)
      (if (= (+ x (flip)) 0)
          1
          0))))
```

---

5. Verander de MAKE-ACCOUNT procedure uit het boek (p.173) zodanig dat accounts password-protected zijn.

(define acc (make-account 100 'secret password)) ==> acc

((acc 'secret-password 'withdraw) 40) ==> 60

((acc 'some-other-password 'deposit) 50) ==> Incorrect Password

---

```
(define (make-account balance passwd)
  (define (withdraw amount)
    (if (>= balance amount)
        (set! balance (- balance amount))
        "insufficient funds"))
  (define (deposit amount)
```

```
  (set! balance (+ balance amount)))
(define (status) balance)
(define (foreign-deposit amount value)
  (set! balance (+ balance (* amount value))))
(define incorrect
  (lambda x "incorrect password"))
(define (dispatch pass m)
  (cond ((not (eq? pass passwd)) incorrect)
        ((eq? m 'withdraw) withdraw)
        ((eq? m 'deposit) deposit)
        ((eq? m 'status) status)
        ((eq? m 'foreign-deposit) foreign-deposit)
        (else (error "Unkown request --MAKE-ACCOUNT" m))))
dispatch)
```

---

6. Schrijf een procedure (MAKE-RANDOM m a seed) die onafhankelijke randomgeneratoren creëert. De random getallen worden gegenereert met de reeks $x_{i+1} = (x_i a) \bmod m$, waarbij x0 = seed (goede waarden voor m en a zijn μ §)

```
(define (make-random m a seed)
  (lambda () (set! seed (quotient (* vorige a) m))))
```

---

7. Pas de procedure make-random aan zodanig dat het mogelijk is om de randomgenerator te resetten.

(define rand (make-random (-1+ (expt 2 32)) (expt 7 5) 4369)

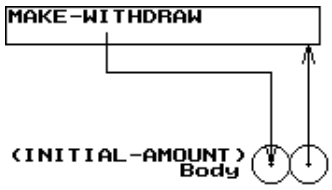
dan produceert (rand 'generate) een nieuw random getal en ((rand 'reset) <new-seed>) reset de interne variabele op de waarde <new-seed>.

```
(define (make-random m a seed)
  (lambda (x)
    (cond ((eq? x 'generate) (set! seed (modulo (* seed a) m)))
          ((eq? x 'reset) (lambda (aaargh) (set! seed aaargh)))
          (else (error "RANDOM GENERATOR")))))
```

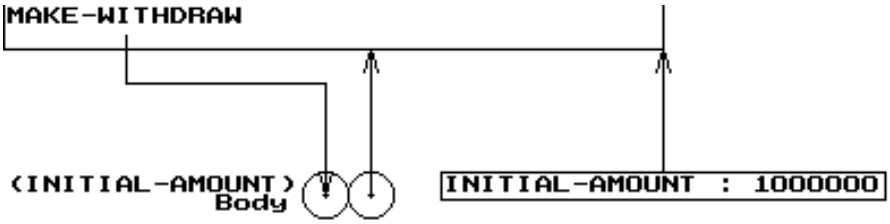
---

8. In de MAKE-WITHDRAW procedure uit het boek wordt de interne variabele balance gecreëerd als een parameter van MAKE-WITHDRAW. Het is ook mogelijk om interne variabelen expliciet te creëren met een let :

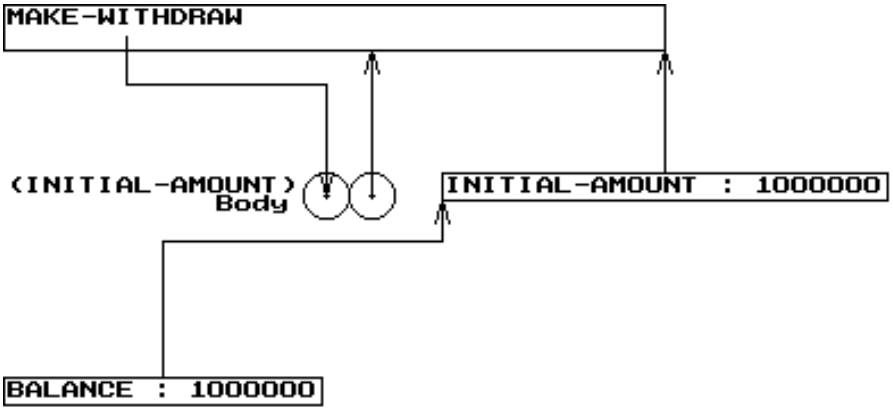
```
(define (make-withdraw initial-amount)
  (let ((balance initial-amount))
    (lambda (amount)
      (if (>= balance amount)
        (begin (set! balance (- balance amount)) balance)
        "Insufficient funds"))))
```



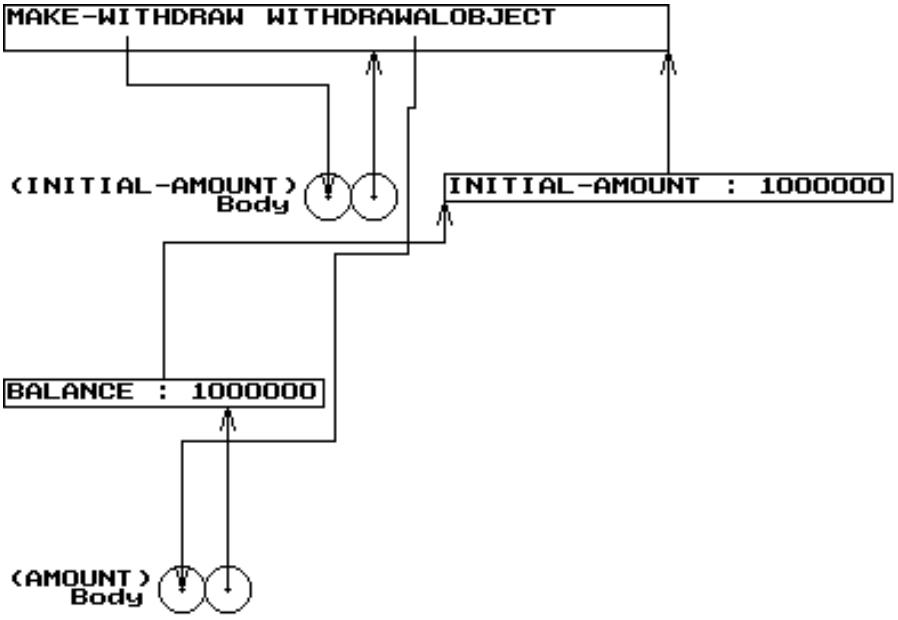
Dit was de evaluatie van de (define (make-withdraw...) ...) : er is een procedure gedefiniëerd. Ik ga nu (define withdrawalobject (make-withdraw 1000000))



Eerst wordt een environment gecreëerd voor de aanroep van de procedure. Inital-amount wordt hierin op 1000000 gezet.



Dan wordt de let geëvalueert. Hiervoor wordt een nieuwe environment gemaakt waarin de balance geëvalueerd wordt.

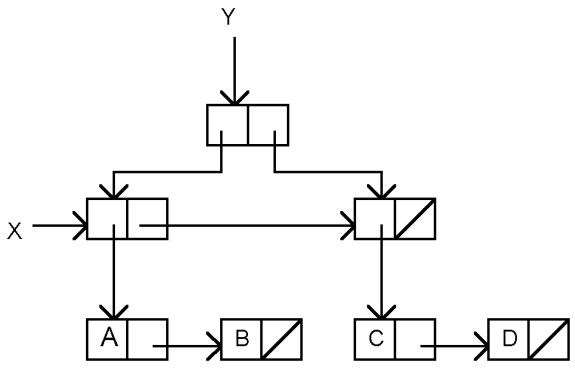


Dan wordt de lambda-functie geëvalueert. Deze heeft één parameter amount. En wordt gedefiniëerd onder de Balance.

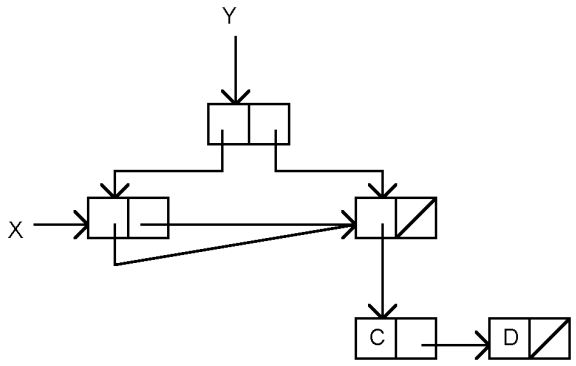
Chapter 10

1. Gegeven de definities
   (define x (list '(a b) '(c d)))
   (define y (list (cons x (cdr x)))
   Geef het resultaat van de evaluatie (in volgorde) van volgende expressies (teken box-pointer diagrammen) :
   y
   (car (car y))
   (car (cdr y))
   (set-car! (car y) (cdr y))
   y
   x

```
y geeft (((A B) (C D)) (C D))
(car (car y)) geeft (A B)
(car (cdr y)) geeft (C D)
Om het duidelijk te houden teken ik eerst hoe de structuur eruit ziet in geheugen.
```




```
Dan pleeg ik nu een (set-car! (car y) (cdr y))
```



Als dan nu y opgevraagt wordt dan krijg je

```
((((C D)) (C D)) (C D))
```

Als je x opvraagt geeft dit (((C D)) (C D))

---

2. Je wil een functie schrijven die het aantal cons-cellen in een struktuur telt. Toon aan dat onderstaande procedure count-pairs niet het gewenste resultaat geeft door box-pointer digrammen met 3 cellen te tekenen, waarvoor het resultaat van count-pairs respectievelijk resulteert in 3, 4, 7 en een oneindelige lus. Schrijf expressies om die structuren aan te maken.

```
(define (count-pairs x)
  (if (not (pair? x))
      0
      (+ (count-pairs (car x))
         (count-pairs (cdr x))
         1)))

(define 3-ring '(1 2 3))

(define 4-ring
  (let ((last-cel (cons 'lastcar 'lastcdr)))
    (cons last-cel (cons last-cel '()))))

(define 7-ring
  (let* ((third (list 3))
         (second (cons third third)))
    (cons second second)))

(define infinite-ring
  (let* ((third (list 3))
         (first (list 1 third)))
    (set-cdr! third first)))
```

---

3. Schrijf een functie (make-ring! n) die een positief geheel getal neemt en er een ring van maakt (een ring is een circulaire lijst van 0 tot n-1).

```
(define (make-ring n)
  (define (make-list n result)
    (if (= n 0)
        (cons 0 result)
```

```
        (make-list (-1+ n) (cons n result))))
  (let* ((last-cel (list (-1+ n)))
         (first-cel (make-list (- n 2) last-cel)))
    (set-cdr! last-cel first-cel)
    first-cel))

(define (show-ring r)
  (display (car r))
  (display " ")
  (show-ring (cdr r)))
```

---

4. Schrijf een functie (left-rotate r), die een circulaire lijst 1 plaats naar links verschuift.

```
(define (rotate-left r)
  (cdr r))
```

---

5. Schrijf een functie (right-rotate r), die een circulaire lijst 1 plaats naar rechts verschuift.

```
(define (rotate-right r)
  (define (loop-until-cdr-eq? lst cdrmustbe)
    (if (eq? (cdr lst) cdrmustbe)
        lst
        (loop-until-cdr-eq? (cdr lst) cdrmustbe)))
  (loop-until-cdr-eq? r r))

(define (show-ring-rev r)
  (display (car r))
  (display " ")
  (show-ring-rev (rotate-right r)))
```

---

6. Schrijf een predicaat (cycles? r), dat zegt of r een cyclus bevat (d.w.z. dat het aflopen van de lijst door opeenvolgende cdr's in een oneindige loop raakt)? Doe dit op twee manieren : één houdt een extra lijst bij waarin alle bezochte knopen worden bewaard, de andere niet.

```
(define (cycles-1? r)
  (define checklist '())
  (define (loop r)
    (cond ((null? r) #f)
          ((memq r checklist) #t)
          (else
            (set! checklist (cons r checklist))
            (loop (cdr r)))))
  (loop r))

(define (cycles-2? r)
  (define (check-until-pos lst pos wat)
    (if (= pos 0)
        #f
        (if (eq? lst wat)
            #t
            (check-until-pos (cdr lst) (-1+ pos) wat))))
  (define (looplst lst aantal)
```

```
    (cond ((null? lst) #f)
          ((check-until-pos r aantal lst) #t)
          (else (looplst (cdr lst) (1+ aantal)))))
  (looplst r 0))
```

---

7. Schrijf een functie (copy-ring r), die een copy van een circulaire lijst teruggeeft.

```
(define (copy-ring r)
  (define (append-ring r stop resultfirst resultlast)
    (if (eq? r stop)
        (begin
          (set-cdr! resultlast resultfirst)
          resultfirst)
        (begin
          (set-cdr! resultlast (list (car r)))
          (append-ring (cdr r) stop resultfirst (cdr resultlast)))))
  (let ((first-cell (cons (car r) '())))
    (append-ring (cdr r) r first-cell first-cell)))
```

---

8. Schrijf een functie (Josephus r n), die een circulaire lijst afloopt en telkens het n-de element verwijdert, totdat er slechts 1 element over is. Dat laatste wordt als resultaat teruggegeven. Je mag procedures gebruiken die we hierboven gedefinieerd hebben.

```
(define (Josephus r n)
  (define (remove-n r aantal)
    (if (= aantal 1)
        (begin
          (set-cdr! r (cddr r))
          (cdr r))
        (remove-n (cdr r) (-1+ aantal))))
  (define (while-not-1 r)
    (if (eq? (cdr r) r)
        (car r)
        (while-not-1 (remove-n r n))))
  (while-not-1 (copy-ring r)))
```

Chapter 11

1. Implementeer het ADT queue (zie cursus blz 87) met message passing stijl. Breid uit met een "display" procedure om de queue af te printen.

Gebruik deze om een stuk scheme code te schrijven dat

- de getallen van 1 tot 10 in een queue stopt
- de queue afprint
- de eerste vijf elementen eruithaalt en afprint
- de queue opnieuw afprint
- tenslotte alle resterende elementen eruit haalt en afprint.

Maak gebruik van de "do" procedure (cursus, Les 13).

```
(define (make-queue)
  (define rear #f)
  (define first #f)
  (define (enqueue el)
    (if (not first)
        (begin
          (set! rear (list el))
          (set! first rear))
        (begin
          (set-cdr! rear (list el))
          (set! rear (cdr rear))))
    #t)
  (define (dequeue)
    (if (not first)
        #f
        (let ((result (car first)))
          (set! first (cdr first))
          result)))
  (define (show)
    (display first)
    (newline))
  (define (queue mesg)
    (cond ((eq? mesg 'enqueue) enqueue)
          ((eq? mesg 'dequeue) dequeue)
```

```
          ((eq? mesg 'display) show)
          (else (error "Queue--, unkown message"))))
  queue)

(define (demo)
  (define Q (make-queue))
  (define (first-five)
    (do ((nogtedoen 5 (-1+ nogtedoen)))
      ((= nogtedoen 0) #t)
      (display ((Q 'dequeue)))))
  (do ((pos 1 (1+ pos)))
    ((= pos 11) #t)
    ((Q 'enqueue) pos))
  ((Q 'display))
  (first-five)
  ((Q 'display))
  (first-five))

de syntax van do :
  (do ((<naam> <init> <step>)
       (...    ...    ...   )
       (...    ...    ...   ))
    ((<stop-cond>) <resultaat>)
    <body>)
```

---

2. Gegeven een functionele (of destructieve) implementatie van een ADT stack :

```
(define (make-stack ...)                ;creatie
(define (stack-push stack el) ...)      ;bijvoegen van een element
(define (stack-pop stack) ...)          ;afhalen van het top-element
(define (stack-empty? stack ...)        ;testen of de stack leeg is
```

Zet deze implementatie om naar een "message passing" stijl. Je mag enkel gebruik maken van de bovenstaande interface.

```
;we starten met de functionele stack
(define (create-stack)
  (let  ((stack (make-stack)))
    (define (push e)
      (set! stack (stack-push e stack)))
    (define (pop)
      (set! stack (stack-pop stack)))
    (define (empty?)
      (stack-empty? stack))
    (define (dispatch mesg)
      (cond ((eq? mesg 'pop) pop)
            ((eq? mesg 'push) push)
            ((eq? mesg 'empty?) empty?)
            (else (error "aargl"))))
    dispatch))

;en dan nu als de interface destructief is
(define (create-stack)
  (let  ((stack (make-stack)))
```

```
    (define (push e)
      (stack-push e stack))
    (define (pop)
      (stack-pop stack))
    (define (empty?)
      (stack-empty? stack))
    (define (dispatch mesg)
      (cond ((eq? mesg 'pop) pop)
            ((eq? mesg 'push) push)
            ((eq? mesg 'empty?) empty?)
            (else (error "aargl"))))
    dispatch))
```

---

3. Gegeven

```
(define (memoize f)
  (let ((table (make-table)))
    (define (lookup-or-compute x)
      (let ((previously-computed-result (lookup x table)))
        (if (not (null? previously-computed-result))
            previously-computed-result
            (let ((result (f x)))
              (insert! x result table)
              result))))
    lookup-or-compute))
(define memo-fib
  (memoize
    (lambda (n)
      (cond ((= n 0) 0)
            ((= n 1) 1)
            (else (+ (memo-fib (- n 1))
                     (memo-fib (- n 2))))))))
(define (fib n)
  (cond ((= n 0) 0)
        ((= n 1) 1)
        (else (+ (fib (- n 1))
                 (fib (- n 2))))))
```

Voorspel de trace van memo-fib en memoize bij oproep van (memo-fib 3). Toon aan dat memo-fib het n-de fibonnaci-getal berekent in O(n) (opmerking : lookup is verondersteld O(1) te zijn. Werkt dit nog indien we memo-fib simpelweg hadden gedefinïeerd als (memoize fib) ?

```
(define (make-table) (cons '() '()))

(define (lookup wat table)
  (let ((answer (assoc wat (car table))))
    (if answer
        (cdr answer)
        #f)))

(define (insert! wat1 wat2 table)
  (set-car! table (cons (cons wat1 wat2) (car table))))

(define (memoize f)
```

```
(let ((table (make-table)))
  (define (lookup-or-compute x)
    (let ((previously-computed-result (lookup x table)))
      (if (not (null? previously-computed-result))
          (begin
            (display "Memo-fib ")
            (display x)
            (display " uit tabel")
            (newline)
            previously-computed-result)
          (begin
            (display "Memo-fib ")
            (display x)
            (display " berekent")
            (newline)
            (let ((result (f x)))
              (insert! x result table)
              result)))))
  lookup-or-compute))
```

De trace van (memo-fib 3) ziet er als volgt uit :

```
Memo-fib 3 berekent
  Memo-fib 2 berekent
    Memo-fib 1 berekent
    Memo-fib 0 berekent
  Memo-fib 1 uit tabel
```

Het n-de fibonacci getal wordt berekent in O(n) omdat in de regel (+ (memo-fib (- n 1)) (memo-fib (- n 2))) de tweede term nooit berekent moet worden.

Dit werkt niet meer als we gewoon (memoize fib) hadden gebruikt omdat de recursieve aanroep fib aanroept inplaats van (memoize fib)

---

4. Wat is de performantie van Calc-E als we een gememoizeerde versie van factorial gebruiken in onderstaande functie ? Id dat beter dan het antwoord op vraag 3, reeks 3 ?

De performantie van de niet gemoizeerde versie is $O(n^2)$. Als de factorial gememoizeerd is dan zal deze O(n) zijn.

Chapter 12

1. Maak gebruik van streams om de volgende reeksontwikkeling te berekenen :

$$e = 1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \frac{1}{4!} + \frac{1}{5!} + \dots$$

$$sin(x) = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \frac{x^7}{7!} + \dots$$

```
Laat ik eerst beginnen met zelf een paar routines te schrijven
(define (enumerate from step)
  (cons-stream from (enumerate (+ from step) step)))
(define (accumulate s accumulator init)
  ;geeft een stream weer te vergelijken met s/(1-x)
  (cond ((eq? the-empty-stream (head s))
         the-empty-stream)
        (else
          (let ((el (accumulator (head s) init)))
            (cons-stream
              el
              (accumulate (tail s) accumulator el))))))
(define (map action s)
  (if (eq? the-empty-stream s)
      the-empty-stream
      (cons-stream (action (head s)) (map action (tail s)))))
(define (first n stream)
  (if (= n 0)
      (begin
        (newline)
        *the-non-printing-object*)
      (begin
        (display (head stream))
        (display " ")
        (first (-1+ n) (tail stream)))))
(define e-stream
  (accumulate
    (map
      (lambda (x) (/ 1 x))
      (accumulate
        (enumerate 1 1)
```

```
          *
          1))
      + 1))
```

hierboven waren het zelfgeschreven functies, nu neem ik defuncties uit het boek

```
(define (map proc stream)
  (if (empty-stream? stream)
      the-empty-stream
      (cons-stream (proc (head stream))
                   (map proc (tail stream)))))
(define (filter pred stream)
  (cond ((empty-stream? stream) the-empty-stream)
        ((pred (head stream))
         (cons-stream (head stream)
                      (filter pred (tail stream))))
        (else (filter pred (tail stream)))))
(define (accumulate combiner init stream)
  (if (empty-stream? stream)
      init
      (combiner (head stream)
                (accumulate combiner init (tail stream)))))
(define (enumerate-int low high)
  (if (> low high)
      the-empty-stream
      (cons-stream low (enumerate-int (1+ low) high))))
(define (fac x) (if (= x 0) 1 (* x (fac (-1+ x)))))
(define (calc-sin x n)
  (accumulate + 0
    (map
      (lambda (e)
        ((if (odd? (quotient e 2)) - +)
         (/ (expt x e)(fac e))))
      (filter
        (lambda (n) (odd? n))
        (enumerate-int 1 n)))))
```

---

2. Implementeer de procedure (accumulate-n operator init S) waarbij S een stream van streams is, alle met dezelfde lengte. Accumulate-n zal operator loslaten op de eerste elementen van de stream-elementen van S dan op de tweede elementen, enz. De resultaten worden in een stream teruggegeven.

Stel dat S is ((1 2 3) (4 5 6) (7 8 9) (10 11 12)) dan (accumulate-n + 0 S) zal de stream (22 26 30) teruggeven.

```
(define (combine s1 s2 combiner)
  (cond ((eq? (head s1) the-empty-stream) s2)
        ((eq? (head s2) the-empty-stream) s1)
        (else
          (cons-stream
            (combiner (head s1) (head s2))
            (combine (tail s1) (tail s2) combiner)))))
(define (accumulate-n operator S)
  (cond ((empty-stream? s) the-empty-stream)
        ((empty-stream? (tail s)) (head s))
```

```
        (else
          (accumulate-n operator
            (cons-stream
              (combine (head s) (head (tail s)) operator)
              (tail (tail s)))))))
(define triplet-stream
  (map
    (enumerate-to 0 3 1)
    (lambda (x) (enumerate-to (1+ (* 3 x)) (+ 3 (* 3 x)) 1))))
(define accu-stream (accumulate-n + triplet-stream))
```

---

3. Veronderstel dat elke matrix wordt voorgesteld als een stream van streams. Implementeer de volgende operatie aan de hand van accumulate-n
(transpose m)

```
(define (transpose m)
```

---

4. Schrijf een procedure (odd-sum-triplets max) die een stream teruggeeft van alle lijsten van lengte 3 waarvan de eerste twee elementen oneven en kleiner zijn dan max en de som ervan gelijk is aan het derde element.

```
(define (odd-sum-triplets max)
  (filter
    (lambda (x) (> (caddr x) max))
    (map
      (lambda (couple) (list (car couple) (cadr couple)
                        (+ (car couple) (cadr couple))))
      (flatten
        (map
          (lambda (i)
            (map
              (lambda (j) (list i j))
              (filter
                odd?
                (enumerate-int 1 max))))
          (filter odd? (enumerat 1 max)))))))
```

---

5. Indien streams geïmplementeerd worden met delay evaluation, voorspel en verklaar het resultaat van de volgende expressies als show als volgt is : (define (show x) (display x) (newline) x)

```
>> (define x (map show (enumerate-int 0 10)))
0       de head van de stream wordt reeds geëvalueert
X       het resultaat van de define
>> (head (tail x))
1       Ik vraag de tail, dus berekent hij deze
1       het resultaat van head en de volledige expressie is dan 1
>> (head (tail x))
1       De tail moet niet meer berekent worden, hij is al eens uitgeteld.
>> (define x (map show (enumerate-int 0 10)))
0       de head van de stream wordt reeds geëvalueert
X       het resultaat van de define
>> (head (tail (tail (tail x))))
1       (tail x) wordt berekent
```

```
2       (tail (tail x)) wordt berekent
3       (tail (tail (tail x))) wordt berekent
3       Het resultaat van de head is dan 3
```

---

6. Ontwerp een oneindige stream van reële getallen die steeds een beter benadering van e weergeeft.

```
Zie vraag 1 : e-stream
```