



Dagens tema

- **Kjøresystemer**
(Ghezzi&Jazayeri 2.6, 2.7)
 - Bokholderi og minneorganisering
 - Forskjellige språkklasser

Språk med rekursive rutiner

Språket **C3** er C2 utvidet med

- muligheten til å kalle rutiner rekursivt.

Eksempler: C, PASCAL.

Problem

Hver rutines aktiveringspost kan forekomme 0 eller flere ganger.

Løsning

Legg aktiveringspostene på stakken. LIFO-disiplin!

Hver aktiveringspost må inneholde en peker til forrige aktiveringspost. Denne kalles *dynamisk link*.

Implementasjon

Ved implementasjon må vi også ha:

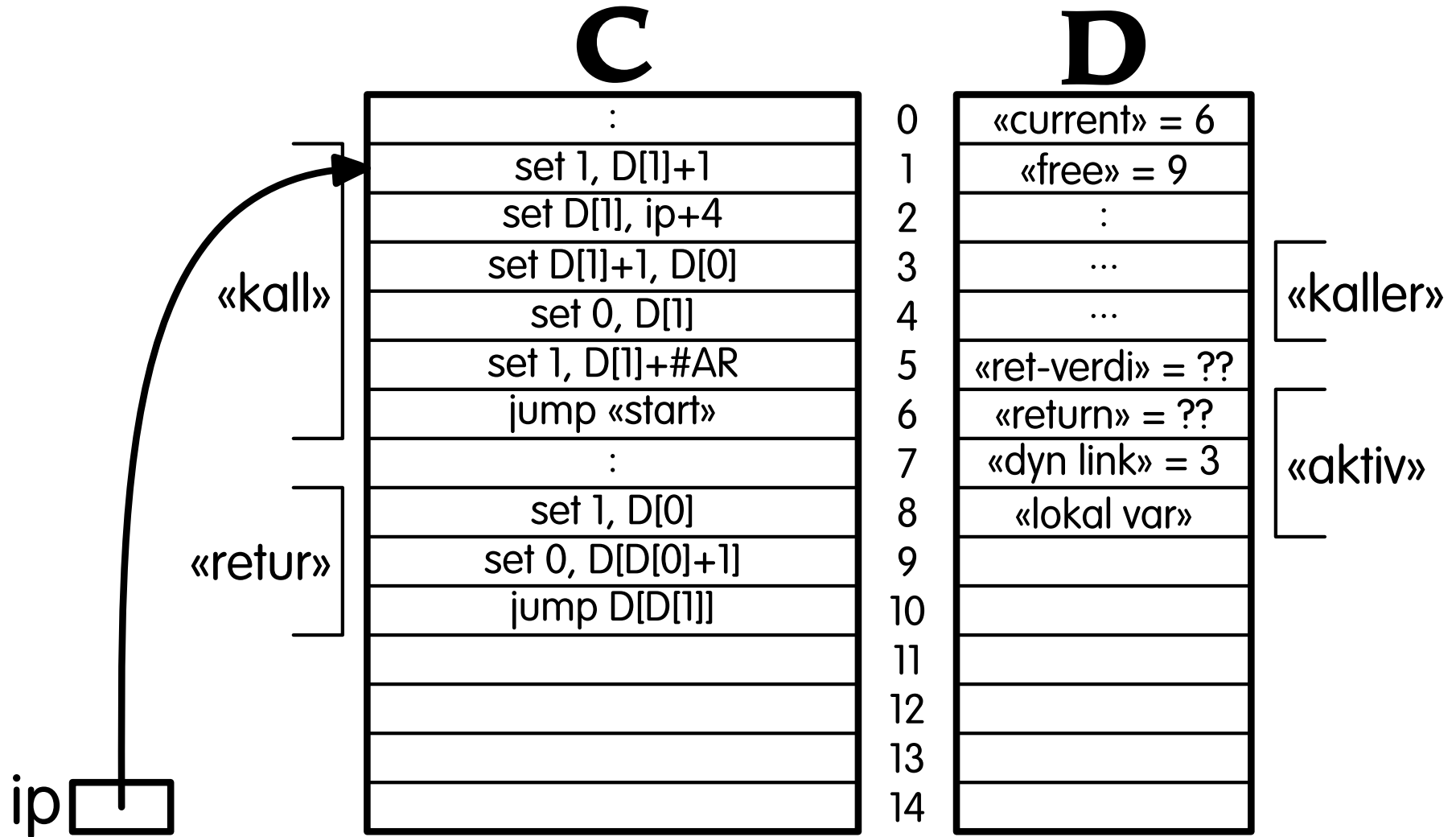
D[0] inneholder en peker **current** til nåværende aktiveringspost,
og

D[1] har en peker **free** til første frie lokasjon på stakken.

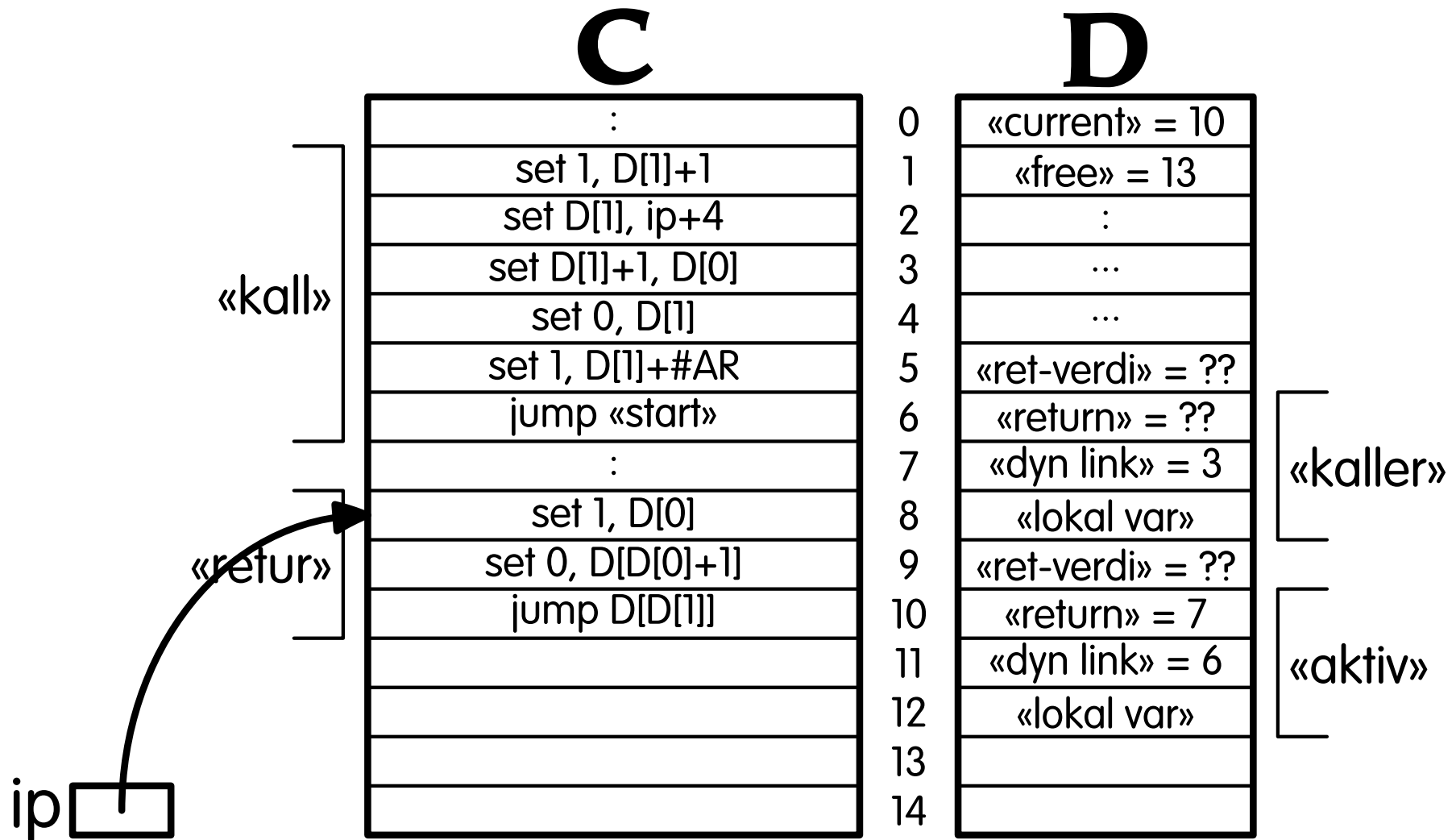
Lokale variable kan nå aksesserer som

$D[0] + \text{tillegg}$

Før et kall er situasjonen slik:



Etter kallet ser det slik ut:



Aksess av variable

Lokale variable kan nå aksesseres ved å følge “current” til den aktive aktiveringsblokken og så legge til relativ adresse (“offset”). Adressen er

current+tillegg som er $D[0]+tillegg$

og verdien er da i

$D[D[0]+tillegg]$

Globale variable ligger et fast sted og kan aksesseres direkte:

$D[adresse]$

Dynamisk link

Hver aktiveringspost inneholder *dynamisk link* som er en peker til forrige aktiveringspost.

Kall og retur - mer generelt

```
1  current == D[0]
2  free   == D[1]
3  RP    == D[current]
4  DL    == D[current+1]
```

Kall

```
1  free  += 1      -- sett av plass til retur-verdi
2  D[free] = ip + 4  -- lagre RP
3  D[free+1] = current  -- lagre DL
4  current = free    -- sett DL
5  free  += < 2+antall lokale variable >
6  ip    = < start av rutine >  -- sett i gang rutine
```

Retur

```
1  free = current  -- slett aktiv aktiveringsblokk
2  current = DL    -- la forrige aktiveringsblokk bli aktiv
3  ip    = D[free]  -- hopp til RP
```

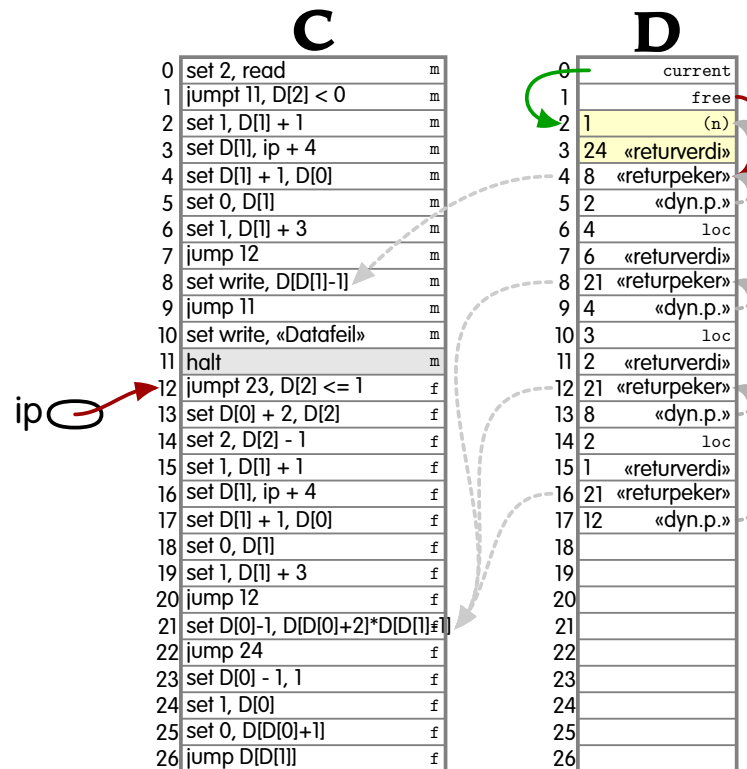
Et eksempel

En rekursiv fakultetsfunksjon kan skrives slik. Merk: vi har fortsatt ikke parametre.

```
1 int n;
2
3 int fact(){
4     int loc;
5     if (n > 1) {
6         loc = n--;
7         return loc * fact();
8     } else {
9         return 1;
10    }
11 }
12
13 main(){
14     scanf("%d", &n);
15     if (n >= 0)
16         printf("%d", fact());
17     else
18         printf("Datafeil!");
19 }
```


fact-eksempel - kjøring

SIMPLESEM-kode for fact, samt kjøring, ligger på en egen PDF-fil. Slik ser situasjonen ut etter kjøring:



Språk med blokker

Indre lokale deklarasjoner

I språket **C4'** får vi lov å ha lokale variable i en sammensatt setning:

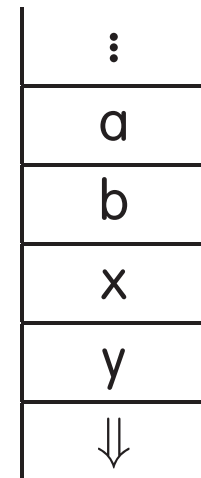
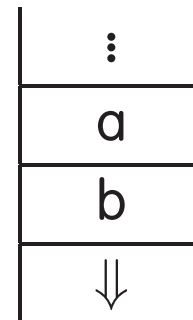
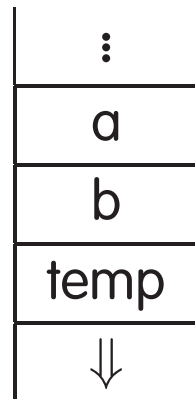
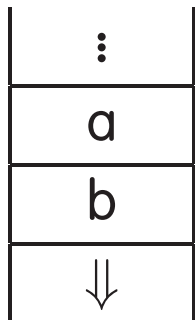
```
1 void f()
2 {
3   int a, b;
4   :
5   if (a < b) {
6     int temp = a;
7     a = b; b = temp;
8   }
9   :
10  while (a > b) {
11    int x, y;
12    :
13  }
14 }
```

Alle språk med blokker (se ark 13) har denne muligheten, men også C.

Implementasjon

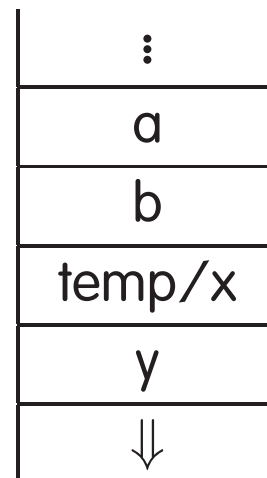
Dette krever minimale utvidelser i forhold til C3. Det er to måter å gjøre det på:

1 Utvide stakken ved hver ny deklarasjon (omtrent som ved rutinekall):



Implementasjon

2 Sette av plass allerede når rutinen kalles:



Det er mulig å spare plass ved å la variable dele lokasjoner.

Rutiner inni rutiner

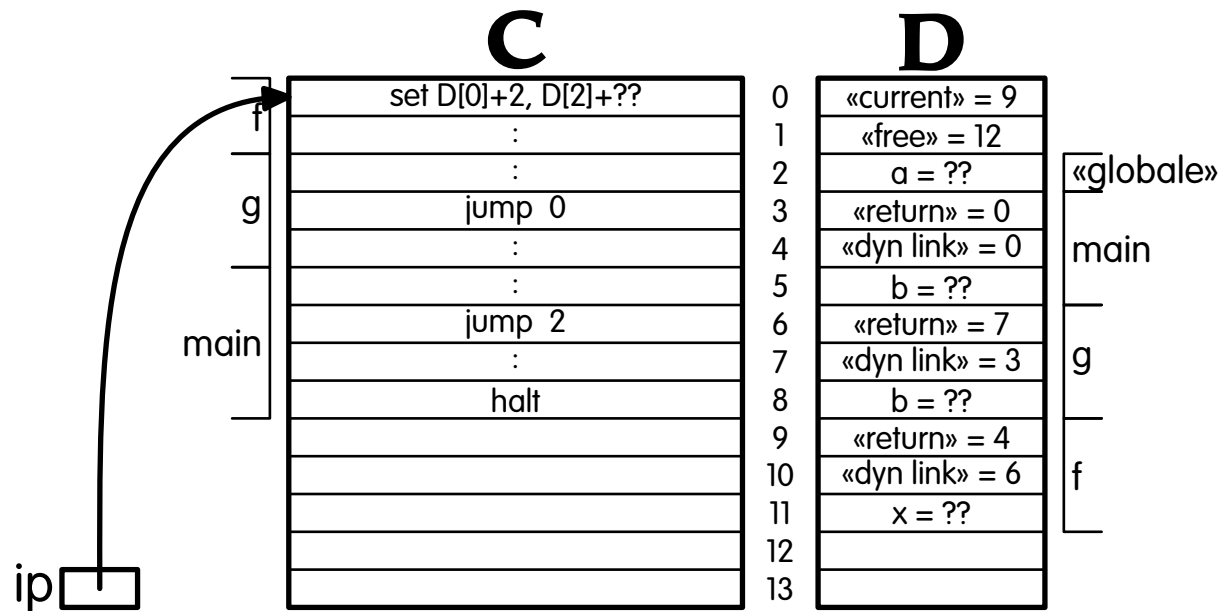
Eksempel

```
1 int a;  
2  
3 void main()  
4 {  
5     int b;  
6     void f()  
7     {  
8         int x;  
9         x = a + b;  
10    }  
11    void g()  
12    {  
13        int b;  
14        f();  
15    }  
16    g();  
17 }
```

C4 er et fullt blokkorientert språk hvor alle deklarasjoner kan plasseres inne i lokale blokker. Andre eksempler er Algol-60 og Simula.

Implementasjon

Hvis vi oversetter dette som vi gjorde med C3-språkene, får vi følgende kode:



Problem

Hvordan får vi tak i b i main?

Løsning

Vi trenger en *statisk link* som viser aktiveringsposten for omkringliggende blokk.

Variable aksesseres slik:

- Globale variable ligger et fast sted.
- Lokale variable aksesseres via `current`.
- Variable på mellomnivåene får vi tak i ved å følge statisk link bakover et visst antall ganger. Dette antallet kan avgjøres under kompileringen.

Verdien til en ikke-lokal variabel kan skrives:

$$D[fp(d) + tillegg]$$

der *tillegg* er relativ adresse og *d* er antall ganger SL skal følges, og der *fp*-funksjonen “frame pointer”) er definert ved:

$$fp(d) == \text{if } d = 0 \text{ then } D[0] \text{ else } D[fp(d - 1) + 2]$$

Siden $fp(0) = current$ kan denne strategien brukes for lokale variable også!

For eksempel har vi at

$$fp(1) = D[current + 2]$$

som svarer til å følge SL én gang, og

$$fp(2) = D[D[current + 2] + 2]$$

som svarer til å følge SL to ganger.