A decorative vertical bar on the left side of the slide, consisting of a series of vertical lines of varying shades of blue and several blue circles of different sizes.

LES LISTES EN SCHEME

car, cdr, cons
list, append
cond

DÉFINITION

- Une liste est une suite d'éléments rangés dans un certain ordre

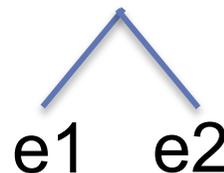
'(alpha 3 beta "delta" gamma)

'(a b c d e)

'(7 5 9 3 1)

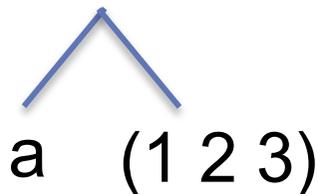
PAIRES EN SCHEME

- Une **paire** est une structure d'enregistrement avec deux champs appelés `car` et `cdr`
 - **car** représente le premier élément
 - **cdr** représente le second élément
- Les champs `car` et `cdr` sont accédés par les **fonctions** `car` et `cdr`
- Une paire est représentée par la notation
 - `'(element1 . element2)`
 - le `.` permet de faire la différence avec une liste de 2 éléments



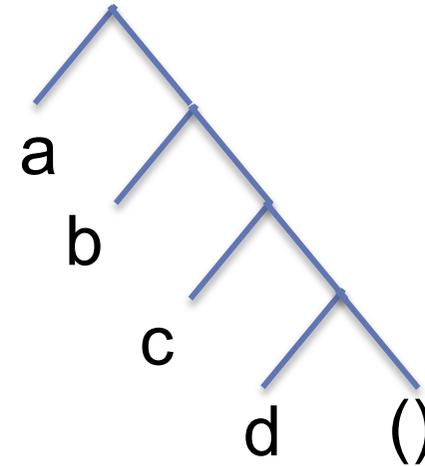
LISTES EN SCHEME

- Une liste peut être définie récursivement comme :
 - soit une liste vide : '()
 - soit une paire dont le cdr est une liste
 - '(a . (1 2 3)), qui se réécrit '(a 1 2 3)



ÉCRITURE D'UNE LISTE

- Les éléments d'une liste sont simplement compris entre parenthèses et séparés par des espaces
- La liste vide est écrite '()
- '(a b c d) et '(a . (b . (c . (d . ()))) sont deux notations équivalentes pour une liste de symboles

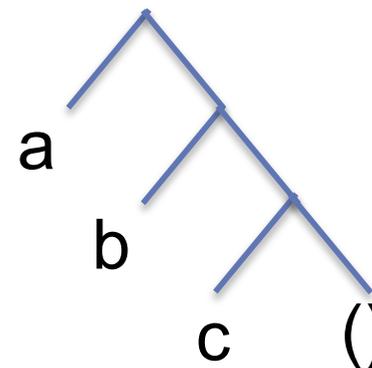
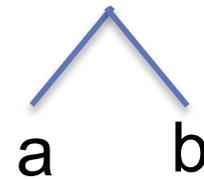


LA FONCTION PAIR?

○ (**pair?** x) retourne #t si x est une paire, #f sinon

○ Exemples :

- (pair? '(a . b)) → #t
- (pair? '(a b c)) → #t
- (pair? '()) → #f



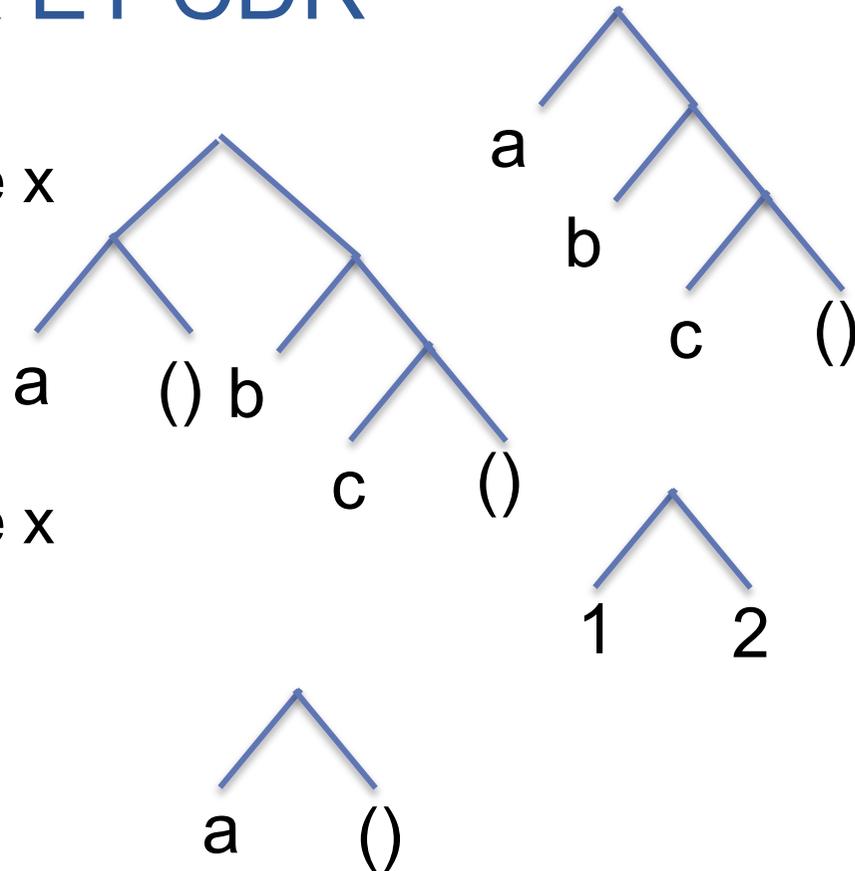
LES FONCTIONS CAR ET CDR

- (**car** x) retourne le champ car de x

- (car '(a b c)) → a
- (car '((a) b c)) → (a)
- (car '(1 . 2)) → 1
- (car '()) → error

- (**cdr** x) retourne le champ cdr de x

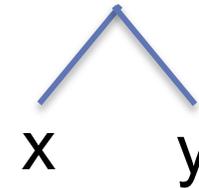
- (cdr '(a b c)) → (b c)
- (cdr '((a) b c)) → (b c)
- (cdr '(1 . 2)) → 2
- (cdr '(a)) → ()
- (cdr '()) → error



- Si x est une liste non vide,
la fonction **car** retourne le premier élément de la liste,
et la fonction **cdr** retourne le reste de la liste (donc une liste !)

LA FONCTION CONS

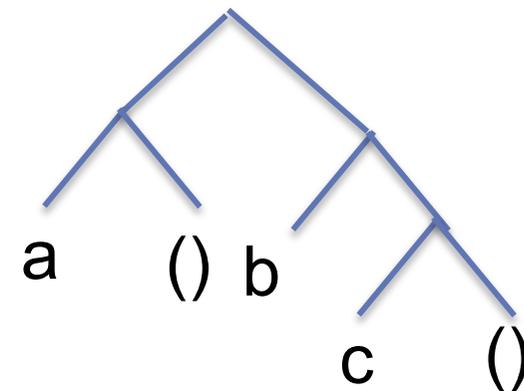
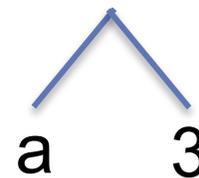
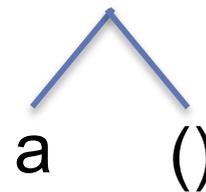
- (**cons** x y) retourne une nouvelle paire dont le car est x et le cdr est y



Si y est une liste, la fonction *cons* ajoute x au début de y

- Exemples :

- (cons 'a '()) → (a)
- (cons '(a) '(b c)) → ((a) b c)
- (cons "a" '(b c)) → ("a" b c)
- (cons 'a 3) → (a . 3)
- (cons '(a b) 'c) → ((a b) . c)



- Pour que le résultat du cons soit une liste, il faut donc que le deuxième paramètre soit une liste

FONCTIONS DE TEST

- (**list?** x) retourne #t si x est une liste, #f sinon
 - (list? '(a b c)) → #t
 - (list? '()) → #t
 - (list? '(a . b)) → #f
- (**null?** x) ou (**empty?** x) retourne #t si x est la liste vide, #f sinon

IMPLÉMENTATION DE L'ALGORITHME RÉCURSIF DU MINIMUM

Définition de la fonction minimum(L)

Si vide?(reste(L)) Alors

retourne premier(L)

Sinon

Si premier(L) < minimum(reste(L))

Alors

retourne premier(L)

Sinon

retourne minimum(reste(L))

FinSi

FinSi

```
(define minimum ; → nombre
```

```
(lambda (l) ; l liste de  
  nombres non vide
```

```
(if (null? (cdr l))
```

```
(car l)
```

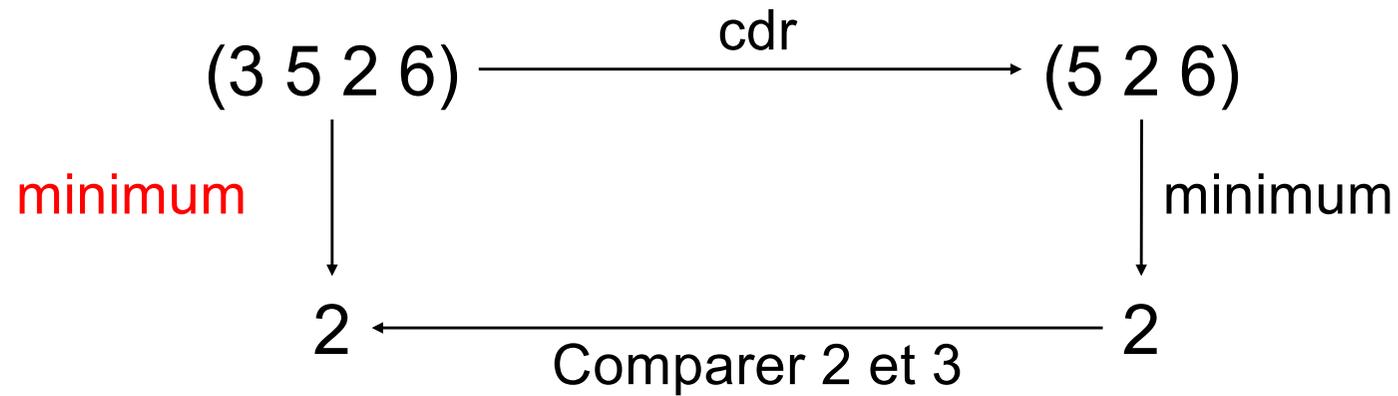
```
(if (< (car l)
```

```
(minimum (cdr l)))
```

```
(car l)
```

```
(minimum (cdr l))))))
```

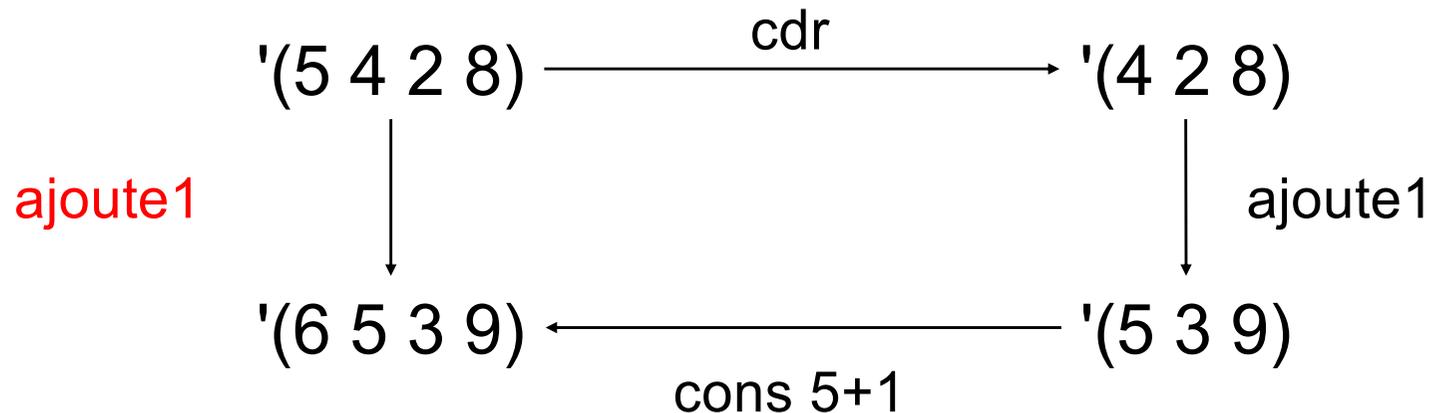
ILLUSTRATION DE LA MÉTHODE



UNE FONCTION QUI RETOURNE UNE LISTE

- Une fonction qui ajoute 1 à tous les éléments d'une liste de nombres

$(\text{ajoute1 } '(5\ 4\ 2\ 8)) \rightarrow (6\ 5\ 3\ 9)$

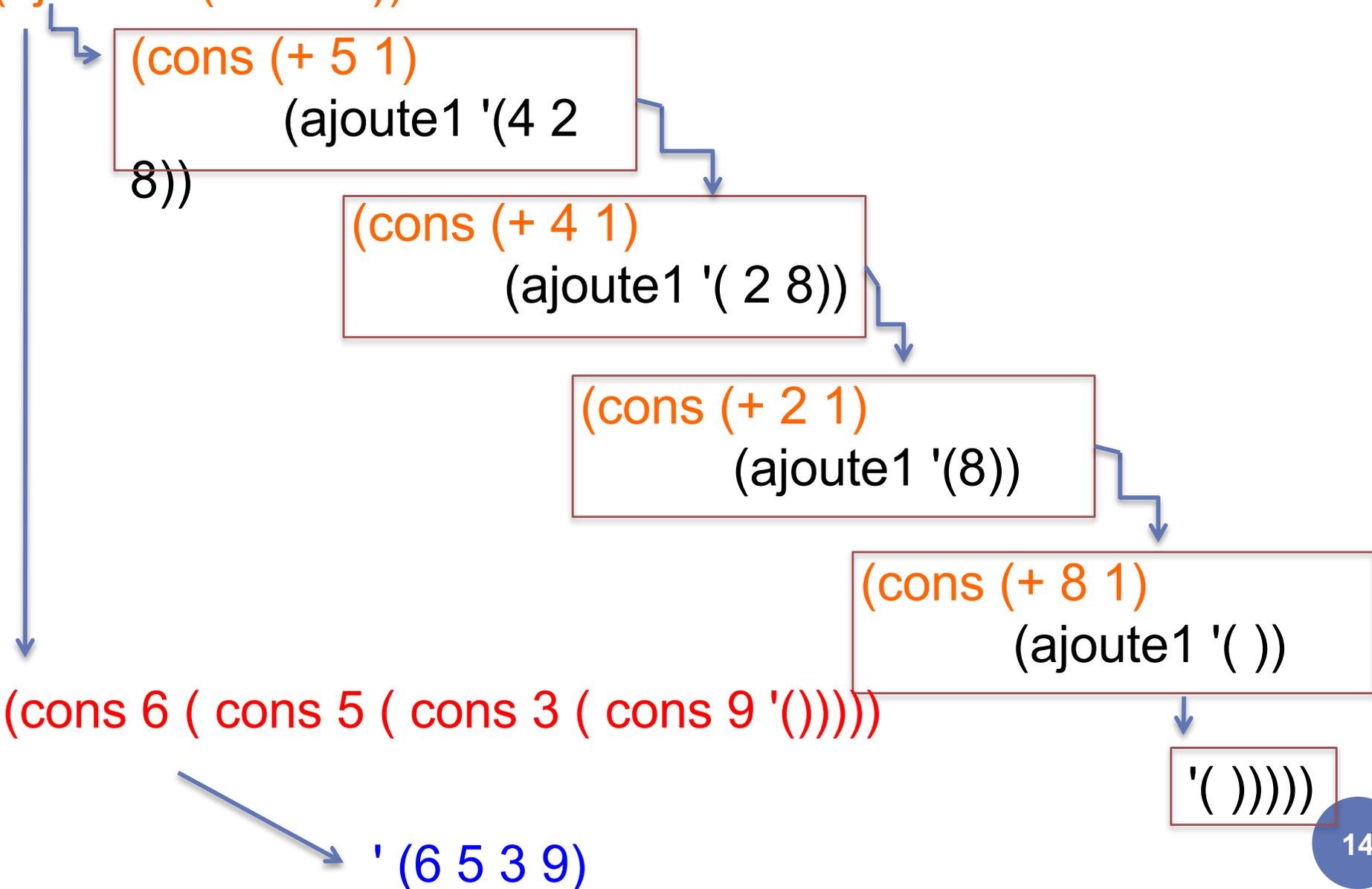


ÉCRITURE DE LA FONCTION

```
(define ajoute1; → liste de nombres  
  (lambda (l) ; l liste de nombres  
    (if (null? l)  
        '()  
        (cons (+ (car l) 1)  
              (ajoute1 (cdr l))))))
```

ILLUSTRATION DE LA FONCTION

(ajoute1 '(5 4 2 8))



RELÂCHER DES PRÉCONDITIONS

- Une fonction qui ajoute 1 à tous les nombres d'une liste quelconque

```
(define ajoute1; → liste
  (lambda (l) ; l liste
    (if (null? l)
        '()
        (if (number? (car l))
            (cons (+ (car l) 1)
                  (ajoute1 (cdr l)))
            (cons (car l)
                  (ajoute1 (cdr l)))))))
```

- (ajoute1 '(2 "a" 1 (toto) 5)) → (3 "a" 2 (toto) 6)

LA FORME SPÉCIALE COND

- La forme spéciale **cond** permet d'écrire plus simplement des **if imbriqués**

```
(if test1 valeur1
  (if test2 valeur2
    ...
    valeurN) ...))
```



```
(cond (test1 valeur1)
      (test2 valeur2)
      ...
      (else valeurN))
```

APPLICATION À AJOUTE1

```
(define ajoute1; → liste
  (lambda (l) ; l liste
    (cond
      ((null? l) '())
      ((number? (car l)) (cons (+ (car l) 1)
                               (ajoute1 (cdr l))))
      (else (cons (car l) (ajoute1 (cdr l))))
    )))
```

“METTRE EN FACTEUR” DANS UN IF

```
(if (number? (car l))  
    (cons (+ (car l) 1)  
          (ajoute1 (cdr l)))  
    (cons (car l)  
          (ajoute1 (cdr l)))  
)
```

```
(cons  
  (if (number? (car l))  
      (+ (car l) 1)  
      (car l))  
  (ajoute1 (cdr l)))
```

Ces deux expressions sont équivalentes

LA FONCTION LIST

- La fonction **list** est une fonction qui permet de construire une liste, comme la fonction cons
- Elle prend un nombre quelconque de paramètres et les met tous dans une liste

`(list 'a (+ 3 2) "toto" 'b) → (a 5 "toto" b)`

- Ne pas confondre list et list?

LA FONCTION APPEND

- La fonction **append** permet de concaténer des listes
- Elle prend un nombre quelconque de paramètres

(append '(a (b c) d) '(e f)) → (a (b c) d e f)

CONS, LIST ET APPEND : LES DIFFÉRENCES

Ces trois fonctions permettent toutes de **construire des listes**, mais ont chacune un comportement différent

- **cons** prend deux paramètres, le deuxième étant obligatoirement une liste
- **list** prend un nombre quelconque de paramètres de types quelconques
- **append** prend un nombre quelconque de paramètres qui doivent tous être des listes

CONS, LIST ET APPEND : EXEMPLES

o (cons '(a b) '(c d)) → ((a b) c d)

o (list '(a b) '(c d)) → ((a b) (c d))

o (append '(a b) '(c d)) → (a b c d)

RACCOURCIS POUR COMPOSER LES FONCTIONS CAR ET CDR

- Au lieu d'écrire (car (cdr L))
on peut écrire (c**adr** L)
- Au lieu d'écrire (cdr (cdr (cdr L)))
on peut écrire (c**dddr** L)
- Et ainsi de suite ...
(au maximum 3 caractères entre le c et le r)