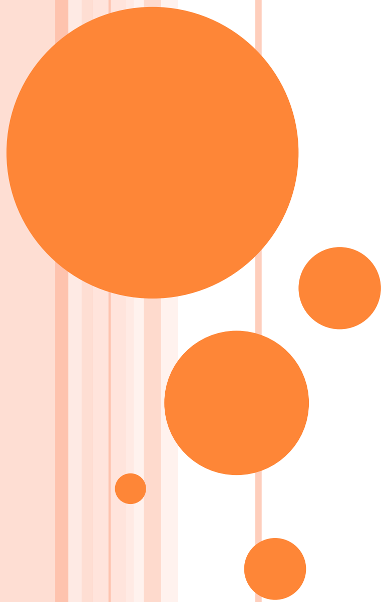
Premiers pas en Prolog



Fonctionnement

Utilisation pour des bases de connaissances

Listes

PROGRAMMATION LOGIQUE

- Origines :
  - 1970, Marseille, Colmerauer
  - Edimbourg, Warren
- Bibliographie
  - L. Sterling, E. Shapiro, L'art de Prolog, Masson
  - Clocksin, Mellish, Programmer en Prolog, Eyrolles

Le langage PROLOG

- Langage d’expression des connaissances fondé sur le langage des prédicats du premier ordre

- Programmation déclarative :
  - L’utilisateur définit une base de connaissances
  - L’interpréteur Prolog utilise cette base de connaissances pour répondre à des questions

CONSTANTES ET VARIABLES

- Constantes
  - Nombres : 12, 3.5
  - Atomes
    - Chaînes de caractères commençant par une minuscule
    - Chaînes de caractères entre " "
    - Liste vide []
- Variables
    - Chaînes de caractères commençant par une majuscule
    - Chaînes de caractères commençant par _
    - La variable « indéterminée » : _

Trois sortes de connaissances : faits, règles, questions

- **Faits : P(…). avec P un prédicat**

  pere(jean, paul).

  pere(albert, jean).

  Clause de Horn réduite à un littéral positif

- **Règles : P(…) :- Q(…), …, R(…).**

  papy(X,Y) :- pere(X,Z), pere(Z,Y).

  Clause de Horn complète

- **Questions : S(…), …, T(…).**

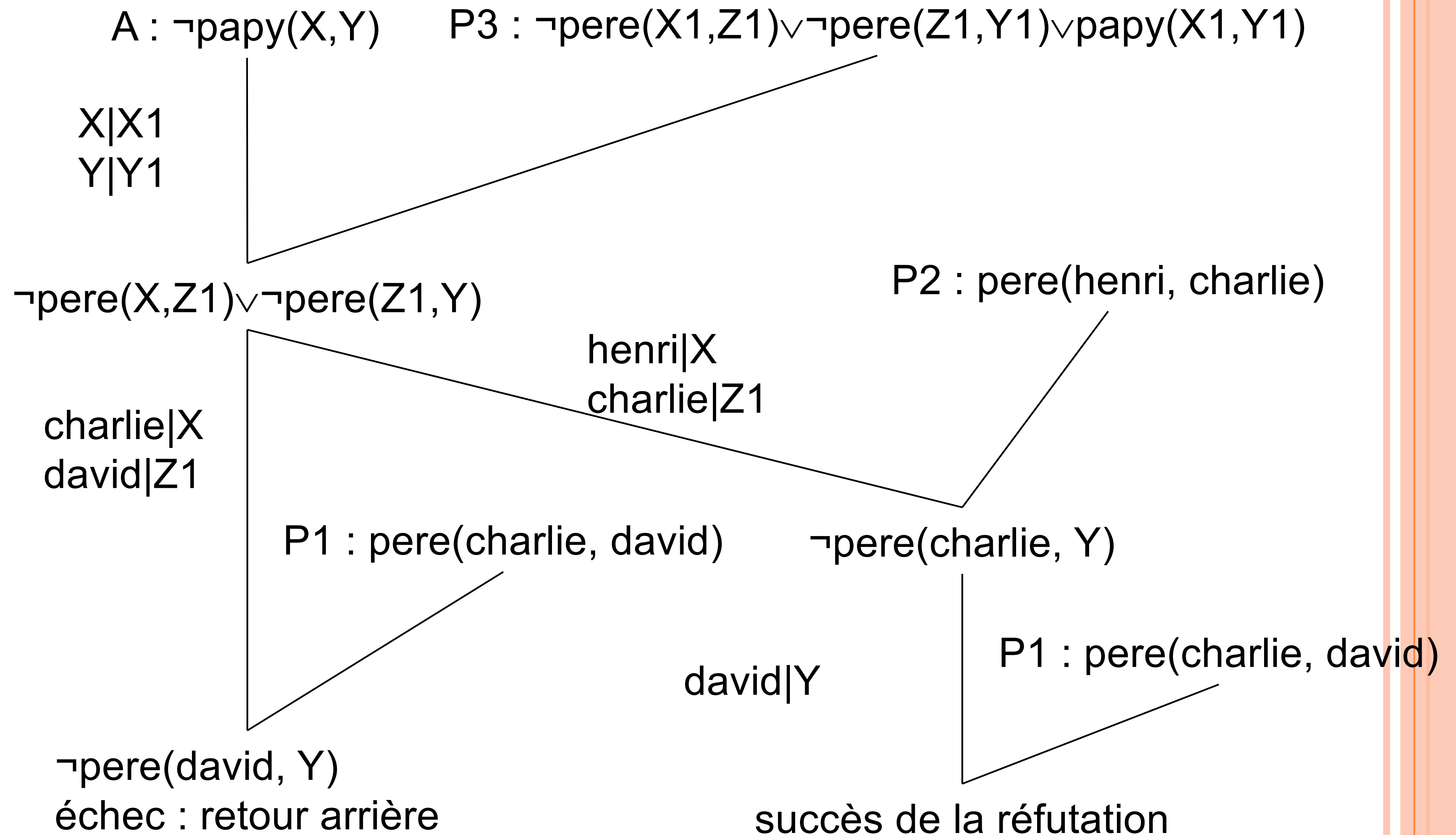
  pere(jean,X), mere(annie,X).

  Clause de Horn sans littéral positif

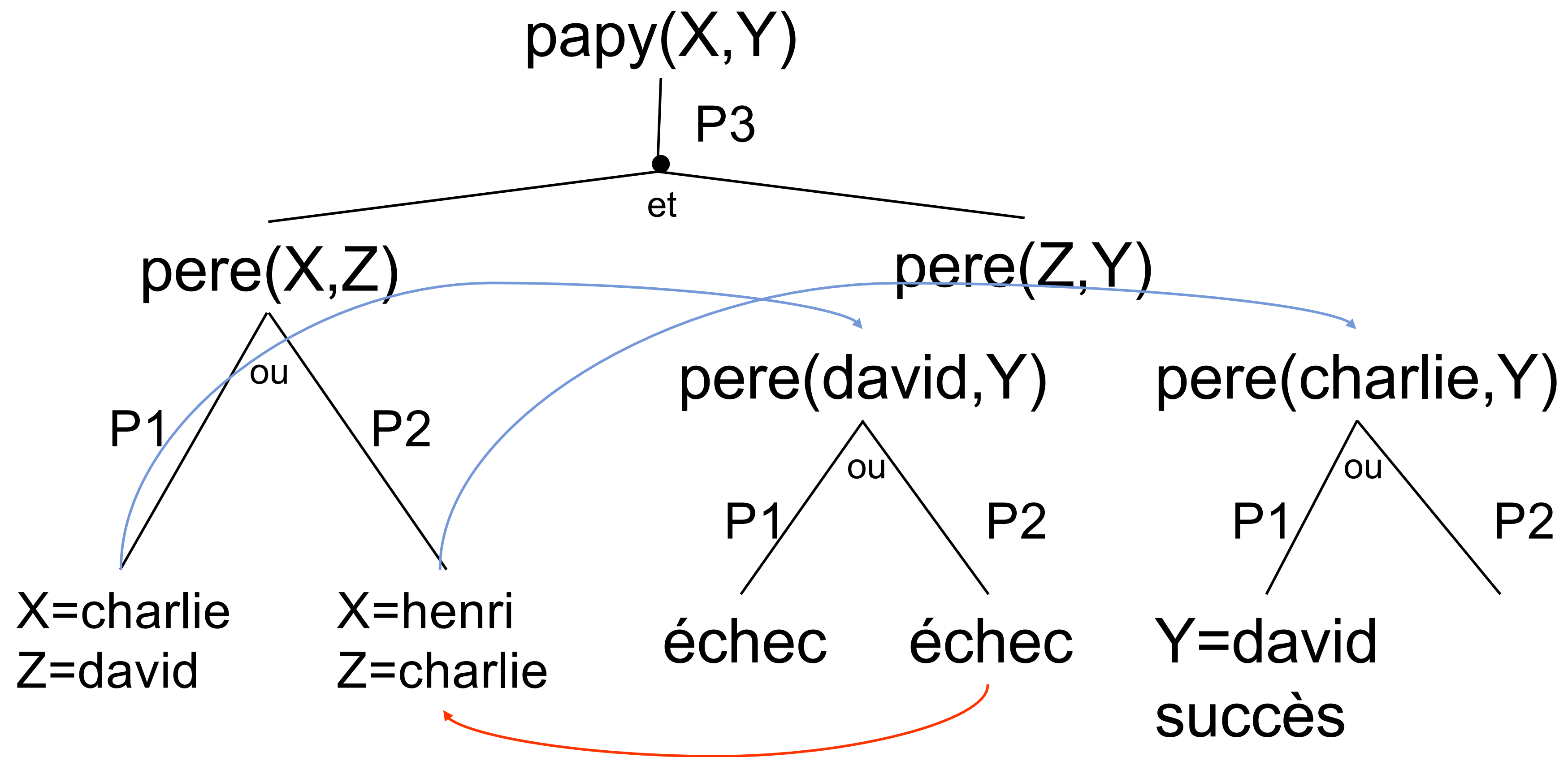
Réfutation par résolution

- Programme P
  - P1 : pere(charlie, david).
  - P2 : pere(henri, charlie).
  - P3 : papy(X,Y) :- pere(X,Z), pere(Z,Y).
- Appel du programme P
  - A : papy(X,Y).
- Réponse : X=henri, Y=david

Graphe de résolution



Interprétation procédurale : arbre ET-OU



MON PREMIER PROGRAMME (1)

```
pere(charlie,david).
pere(henri,charlie).
papy(X,Y) :- pere(X,Z), pere(Z,Y).
```

```
lirispc1$ swiprolog
Welcome to SWI-Prolog (Version 3.3.0)
Copyright (c) 1993-1999 University of Amsterdam.
  All rights reserved.
For help, use ?- help(Topic). or ?-apropos(Word).
?- [pere].
% pere compiled 0.00 sec, 824 bytes
true.
?- listing.
pere(charlie, david).
pere(henri, charlie).
papy(A, B) :-
        pere(A, C),
        pere(C, B).
true.
```

MON PREMIER PROGRAMME (2)

```
?- pere(charlie,david).
true.
?- pere(charlie,henri).
false.
?- pere(X,Y).
X = charlie
Y = david
true.
?- pere(X,Y).
X = charlie
Y = david ;
X = henri
Y = charlie
```

```
?- papy(x,y).
false.
?- papy(X,Y).
X = henri
Y = david

?- papy(henri,X).
X = david
true.
?- halt.
lirispc1$
```

Ordre des réponses

```
pere(charlie, david).
pere(henri, charlie).
pere(david, luc).

mere(sophie, charlie).
mere(anne, david).

parents(E, P, M) :-
        pere(P, E),
        mere(M, E).
```

```
?- parents(X,Y,Z).

X = david
Y = charlie
Z = anne ;

X = charlie
Y = henri
Z = sophie ;

false.
```

Prolog parcourt le paquet de clauses de haut en bas, chaque clause étant parcourue de gauche à droite

Exercices

- Construire l'arbre ET-OU permettant à Prolog de donner l'ensemble des réponses satisfaisant la requête parents(X,Y,Z).

- On définit le programme suivant :

  b(1). b(2). c(3). c(4). d(5). d(6).

  a(X,Y,Z) :- b(X), c(Y), d(Z).

  - Donner toutes les réponses à la requête a(X,Y,Z) dans l'ordre où Prolog les fournit.

L'énigme policière en Prolog

- On dispose des informations suivantes :
  - La secrétaire déclare qu'elle a vu l'ingénieur dans le couloir qui donne sur la salle de conférences
  - Le coup de feu a été tiré dans la salle de conférences, on l'a donc entendu de toutes les pièces voisines
  - L'ingénieur affirme n'avoir rien entendu
- On souhaite démontrer que si la secrétaire dit vrai, alors l'ingénieur ment

L'ÉNIGME POLICIÈRE EN PROLOG

- Ordre 1 : un individu entend un bruit s'il se trouve dans une pièce voisine de celle où le bruit a été produit

```
entend(Ind,Bruit) :- lieu(Ind,Piece1), lieu(Bruit,Piece2),
    voisin(Piece1,Piece2).
```

- Faits relatifs à l'énigme :

```
voisin(couloir,salle_de_conf).
lieu(coup_de_feu,salle_de_conf).
lieu(ingenieur,couloir) :- secretaire_dit_vrai.
ingenieur_ment :- entend(ingenieur,coup_de_feu).
```

L'énigme policière en Prolog

- Hypothèse

  secretaire_dit_vrai.
- Pour la démonstration, on pose la requête :

  ingenieur_ment.

SYMBOLES FONCTIONNELS

- La fonction « femme de Jean » est différente du prédicat femme(marie,jean).

```
nom(femme(jean),marie).
age(femme(jean),25).
```

- On peut parler de la femme de jean, mais pas la « calculer »

Programmation récursive

- Un programme récursif est un programme qui s'appelle lui-même

- Exemple : factorielle
  - factorielle(1) = 1 (Cas d'arrêt)
  - factorielle(n) = n * factorielle(n-1) si n≠1

Pour écrire un programme récursif

- Il faut :
  - Choisir sur quoi faire l'appel récursif
  - Choisir comment passer du résultat de l'appel récursif au résultat que l'on cherche
  - Choisir le(s) cas d'arrêt

Bouclage

```
maries(jean, sophie).
maries(philippe,
stephanie).
maries(A, B) :-
        maries(B, A).
```

```
?- maries(jean,sophie).
true.
?- maries(sophie,jean).
true.
?- maries(X,Y).
X = jean
Y = sophie ;
X = philippe
Y = stephanie ;
X = sophie
Y = jean ;
X = stephanie
Y = philippe ;
X = jean
Y = sophie ;
...
```

```
maries(jean, sophie).
maries(philippe,
stephanie).
sont_maries(A, B) :-
        maries(A, B).
sont_maries(A, B) :-
        maries(B, A).
```

```
?- sont_maries(X,Y).
X = jean
Y = sophie ;
X = philippe
Y = stephanie ;
X = sophie
Y = jean ;
X = stephanie
Y = philippe ;
false.
?-
```

ARITHMÉTIQUE

- Comparaisons : =:=, =\=, >, <, >=, =<
- Affectaction : is

  ?- X is 3+2.

  X=5
- Fonctions prédéfinies : -, +, *, /, ^, mod, abs, min, max, sign, random, sqrt, sin, cos, tan, log, exp, ...

UN EXEMPLE : FACTORIELLE (1)

```
fact(1, 1).
fact(N, R) :-
  Nm1 is N-1,
  fact(Nm1, Rnm1),
  R is Rnm1*N.
```

```
?- fact(5,R).
R = 120 ;
ERROR: Out of local
  stack
Exception: (36,276)
_G4661 is-36263-1 ?
  abort
% Execution Aborted
```

```
?- trace, fact(3,R).
   Call: (8) fact(3, _G237) ? creep
^  Call: (9) _G308 is 3-1 ? creep
^  Exit: (9) 2 is 3-1 ? creep
   Call: (9) fact(2, _G306) ? creep
^  Call: (10) _G311 is 2-1 ? creep
^  Exit: (10) 1 is 2-1 ? creep
   Call: (10) fact(1, _G309) ? creep
   Exit: (10) fact(1, 1) ? creep
^  Call: (10) _G314 is 2*1 ? creep
^  Exit: (10) 2 is 2*1 ? creep
   Exit: (9) fact(2, 2) ? creep
^  Call: (9) _G237 is 3*2 ? creep
^  Exit: (9) 6 is 3*2 ? creep
   Exit: (8) fact(3, 6) ? creep
R = 6 ;
   Redo: (10) fact(1, _G309) ? creep
^  Call: (11) _G314 is 1-1 ? creep
^  Exit: (11) 0 is 1-1 ? creep
   Call: (11) fact(0, _G312) ? creep
^  Call: (12) _G317 is 0-1 ? creep
^  Exit: (12) -1 is 0-1 ? creep
   Call: (12) fact(-1, _G315) ? creep
^  Call: (13) _G320 is-1-1 ? creep
^  Exit: (13) -2 is-1-1 ? creep
```

Il faut faire des cas exclusifs

Un exemple : factorielle (2)

```
fact(1, 1).
fact(N, R) :-
   fact(Nm1, Rnm1),
   Nm1 is N-1,
   R is Rnm1*N.
```

```
?- fact(3,R).
ERROR: Arguments are not
  sufficiently instantiated
^  Exception: (9) 1 is
  _G241-1 ? creep
   Exception: (8)
  fact(_G241, _G255) ? creep
   Exception: (7) fact(3,
  _G195) ? creep
% Execution Aborted
```

```
?- 5 is X-1.
ERROR: Arguments
   are not
   sufficiently
   instantiated
% Execution
   Aborted
?- plus(3,2,5).
true.
?- plus(X,2,5).
X = 3
true.
```

EXERCICE

- Définir un prédicat calculant le $n^{ième}$ terme de la suite : $u_0 = 2$, $u_n = 2u_{n-1}+3$

Une factorielle avec accumulateur

```
fact(N,R) :-  fact(N,1,R).

fact(1,R,R).
fact(N,I,R) :- N>1,
        Nm1 is N-1,
        NewI is N*I,
        fact(Nm1,NewI,R).
```

```
?- trace, fact(3,N).
   Call: (7) fact(3, _G234) ?
  creep
   Call: (8) fact(3, 1, _G234)
  ? creep
   Call: (9) 3>1 ? creep
   Exit: (9) 3>1 ? creep
^  Call: (9) _G305 is 1*3 ?
  creep
^  Exit: (9) 3 is 1*3 ? creep
```

```
^ Call: (9) _G308 is 3-1 ? creep
^  Exit: (9) 2 is 3-1 ? creep
   Call: (9) fact(2, 3, _G234) ?
  creep
   Call: (10) 2>1 ? creep
   Exit: (10) 2>1 ? creep
^  Call: (10) _G311 is 3*2 ?
  creep
^  Exit: (10) 6 is 3*2 ? creep
^  Call: (10) _G314 is 2-1 ?
  creep
^  Exit: (10) 1 is 2-1 ? creep
   Call: (10) fact(1, 6, _G234) ?
  creep
   Call: (11) 1>1 ? creep
   Fail: (11) 1>1 ? creep
   Redo: (10) fact(1, 6, _G234) ?
  creep
   Exit: (10) fact(1, 6, 6) ?
  creep

N = 6
```

COMPARAISON ET UNIFICATION DE TERMES

- Vérifications de type : var, nonvar, integer, float, number, atom, string, …

- Comparer deux termes :

  T1==T2 réussit si T1 est identique à T2

  T1\==T2 réussit si T1 n'est pas identique à T2

  T1=T2 unifie T1 avec T2

  T1\=T2 réussit si T1 n'est pas unifiable à T2

DIFFÉRENTS PRÉDICATS DE COMPARAISON

=:= =\=	== \==	= \=
?- A is 3, A=:=3.	?- A is 3, A==3.	
A = 3.	A = 3.	
?- A is 3, A=:=2+1.	?- A is 3, A==2+1.	
A = 3.	false.	
?- a=\=b.	?- a\==b.	
ERROR	true.	
	?- A==3.	?- A=3.
	false.	A = 3.
	?- p(A)\==p(1).	?- p(A)\=p(1).
	true.	false.

LISTES

- Liste vide : [ ]

- Cas général : [Tete|Queue]
  [a,b,c] ≡ [a|[b|[c|[ ]]]]

Exemples

- [X|L] = [a,b,c] $\rightarrow$ X = a, L = [b,c]
- [X|L] = [a] $\rightarrow$ X = a, L = []
- [X|L] = [] $\rightarrow$ échec
- [X,Y]=[a,b,c] $\rightarrow$ échec
- [X,Y|L]=[a,b,c] $\rightarrow$ X = a, Y = b, L = [c]
- [X|L]=[X,Y|L2] $\rightarrow$ L=[Y|L2]

Somme des éléments d'une liste de nombres

```
/* somme(L, S) L liste de nb donnée, S nb résultat */
somme([],0).
somme([X|L],N) :- somme(L,R), N is R+X.
```

?- somme([1,2,3,5],N).

N = 11

EXERCICE

- Définir un prédicat ajoute1(L,L1) où L est une liste de nombres, et L1 une liste identique où tous les nombres sont augmentés de 1.

VARIABLE INDÉTERMINÉE (1)

```
/* ieme(L,I,X) L liste donnée, I entier donné,
        X elt res */
ieme([X|L],1,X).
ieme([X|L],I,R) :- I>1, Im1 is I-1, ieme(L,Im1,R).
```

[ieme].

Warning: (/Users/nath/Enseignement/Option Prolog/ieme:2):

Singleton variables: [L]

Warning: (/Users/nath/Enseignement/Option Prolog/ieme:3):

Singleton variables: [X]

% ieme compiled 0.01 sec, 736 bytes

true.

VARIABLE INDÉTERMINÉE (2)

```
/* ieme(L,I,X) L liste donnée, I entier donné,
      X elt res */
ieme([X|_],1,X).
ieme([_|L],I,R) :- I>1, Im1 is I-1, ieme(L,Im1,R).
```

?- ieme([a,b,c,d],2,N).

N = b ;

false.

Test ou génération

```
/*  appart(X,L) X elt donné,
      L liste donnée */
appart(X,[X|_]).
appart(X,[_|L]) :-  appart(X,L).
```

```
?- appart(a,[b,a,c]).
true.
?- appart(d,[b,a,c]).
false.
?- appart(X,[b,a,c]).
X = b ;
X = a ;
X = c ;
false.
?- trace, appart(X,[b,a,c]).
Call: (7) appart(_G284, [b, a, c])
   ? creep
    Exit: (7) appart(b, [b, a, c]) ?
   creep
X = b ;
```

```
Redo: (7) appart(_G284, [b, a,
 c]) ? creep
 Call: (8) appart(_G284, [a,
 c]) ? creep
 Exit: (8) appart(a, [a, c]) ?
 creep
      X = a ;
 Redo: (8) appart(_G284, [a,
 c]) ? creep
 Call: (9) appart(_G284, [c])
 ? creep
 Exit: (9) appart(c, [c]) ?
 creep
      X = c ;
 Redo: (9) appart(_G284, [c])
 ? creep
 Call: (10) appart(_G284, [])
 ? creep
 Fail: (10) appart(_G284, [])
 ? creep
 false.
```

LE PRÉDICAT MEMBER

- Le prédicat appart est prédéfini en Prolog
- Il est très utile :
  - ?- member(c,[a,z,e,c,r,t]).

    true
  - ?- member(X,[a,z,e,r,t]).

    X = a ; X = z ; X = e ; X = r ; X = t.
  - ?- member([3,V],[[4,a],[2,n],[3,f],[7,g]]).

    V = f .

UTILISATION DU PRÉDICAT APPEND

Append est le prédicat prédéfini pour la concaténation de listes

```
?- append([a,b,c],[d,e],L).
   L = [a, b, c, d, e]
```

Il est complètement symétrique et peut donc être utilisé pour

- Trouver le dernier élément d'une liste :

```
?- append(_,[X],[a,b,c,d]).
X = d
```

- Couper une liste en sous-listes :

```
?- append(L1,[a|L2],[b,c,d,a,e,t]).
L1 = [b, c, d],
L2 = [e, t]
```

DÉFINITION D'UN PRÉDICAT : QUESTIONS À SE POSER

- Comment vais-je l'utiliser ?
- Quelles sont les données ?
- Quels sont les résultats ?
- Est-ce souhaitable qu'il y ait plusieurs solutions ?

- Si l'on veut une seule solution, il faut faire des cas exclusifs

Exercice

- Définir le prédicat renverse(L1,L2) satisfait si la liste L2 est miroir de la liste L1.
- Construire l'arbre de résolution des requêtes suivantes :
  - renverse([a,b,c],L)
  - renverse(L,[a,z,e]).
- Définir une version avec accumulateur du prédicat renverse.
- Construire l'arbre de résolution des deux requêtes précédentes.