Puissance 4 intelligent
I3 Algorithmique

Nicolas Delestre, Nicolas Malandain

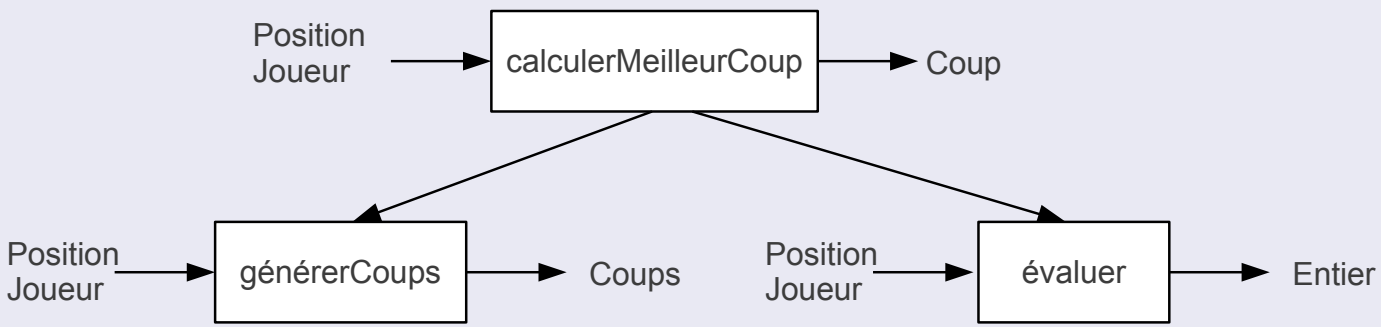
Architecture des Systèmes d'Information

Plan

Architecture des Systèmes d'Information

Force brute

- La recherche de solution en force brute (ou recherche exhaustive) est l'une des méthodes utilisée en informatique pour faire jouer des ordinateurs
- Elle utilise trois algorithmes
  - Un générateur de coup qui pour une position et un joueur donnés est capable de lister l'ensemble des coups possibles
  - Une fonction d'évaluation qui pour une position et un joueur donnés est capable de calculer qui a l'avantage
  - Un algorithme de sélection de coup qui pour une position et un joueur donnés est capable de calculer le meilleur coup pour ce joueur. L'algorithme le plus connu est celui du MinMax.



L'algorithme min-max 1 / 6

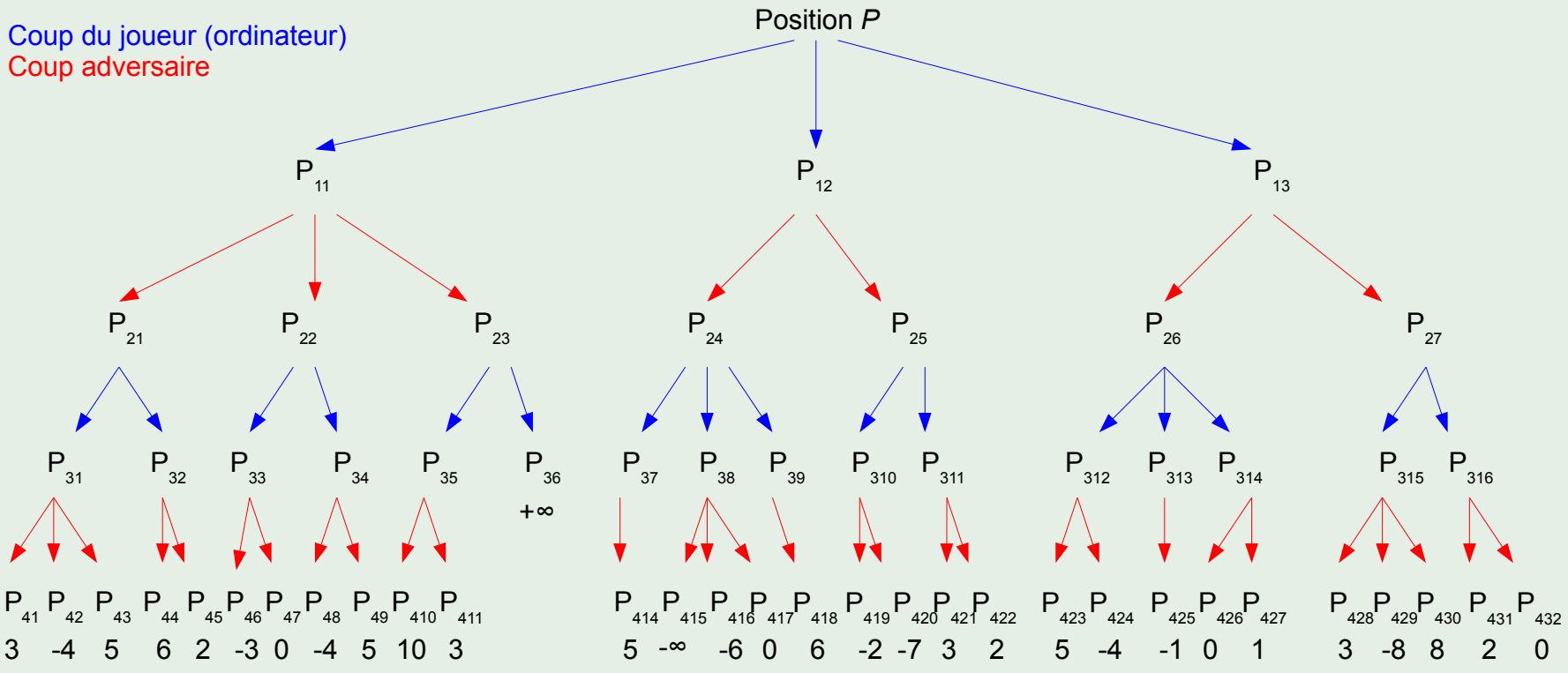
Principe

- La fonction d'évaluation retourne un entier (ou un réel) tel que :
  - le signe indique qui a l'avantage (positif pour celui pour qui on calcule le meilleur coup, négatif pour l'autre)
  - la valeur absolue indique l'importance de cet avantage
- Pour avoir l'avantage, il faut maximiser son score
- On considère que l'adversaire joue au mieux, c'est-à-dire qu'il essaye de maximiser **son** score, c'est-à-dire minimiser celui pour qui on cherche à calculer le meilleur coup

Architecture des Systèmes d'Information

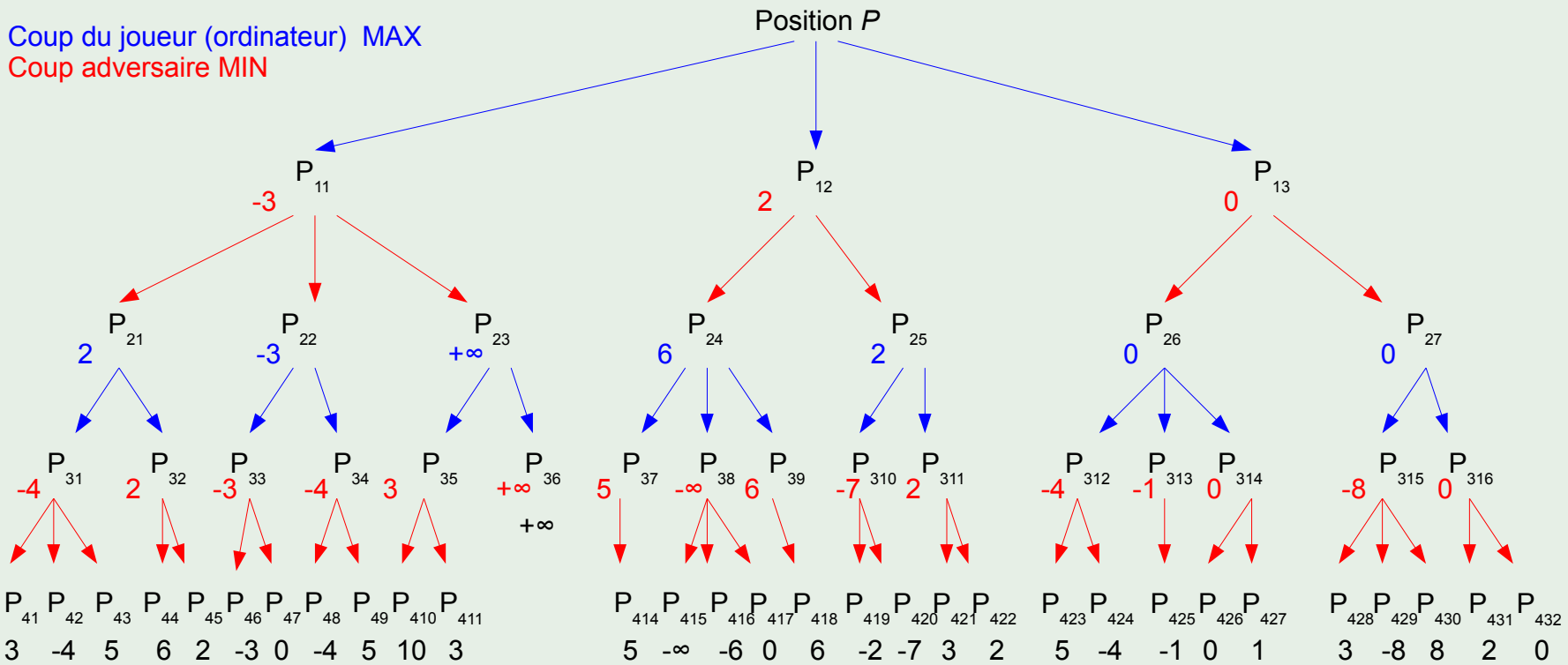
L'algorithme min-max 2 / 6

Principe : générateur de coups et fonction d'évaluation



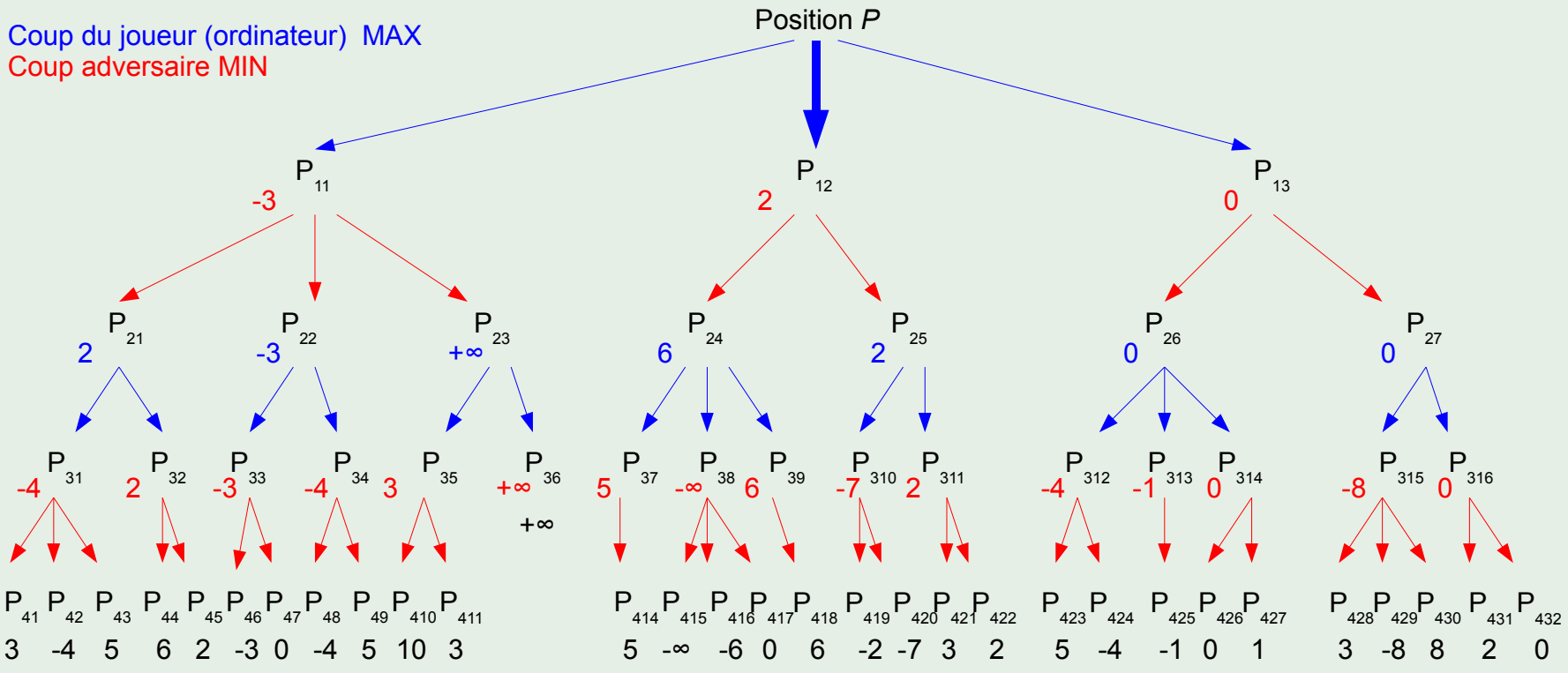
L'algorithme min-max 3 / 6

Remonter des scores (min, max)



L'algorithme min-max 4 / 6

Choix du coup



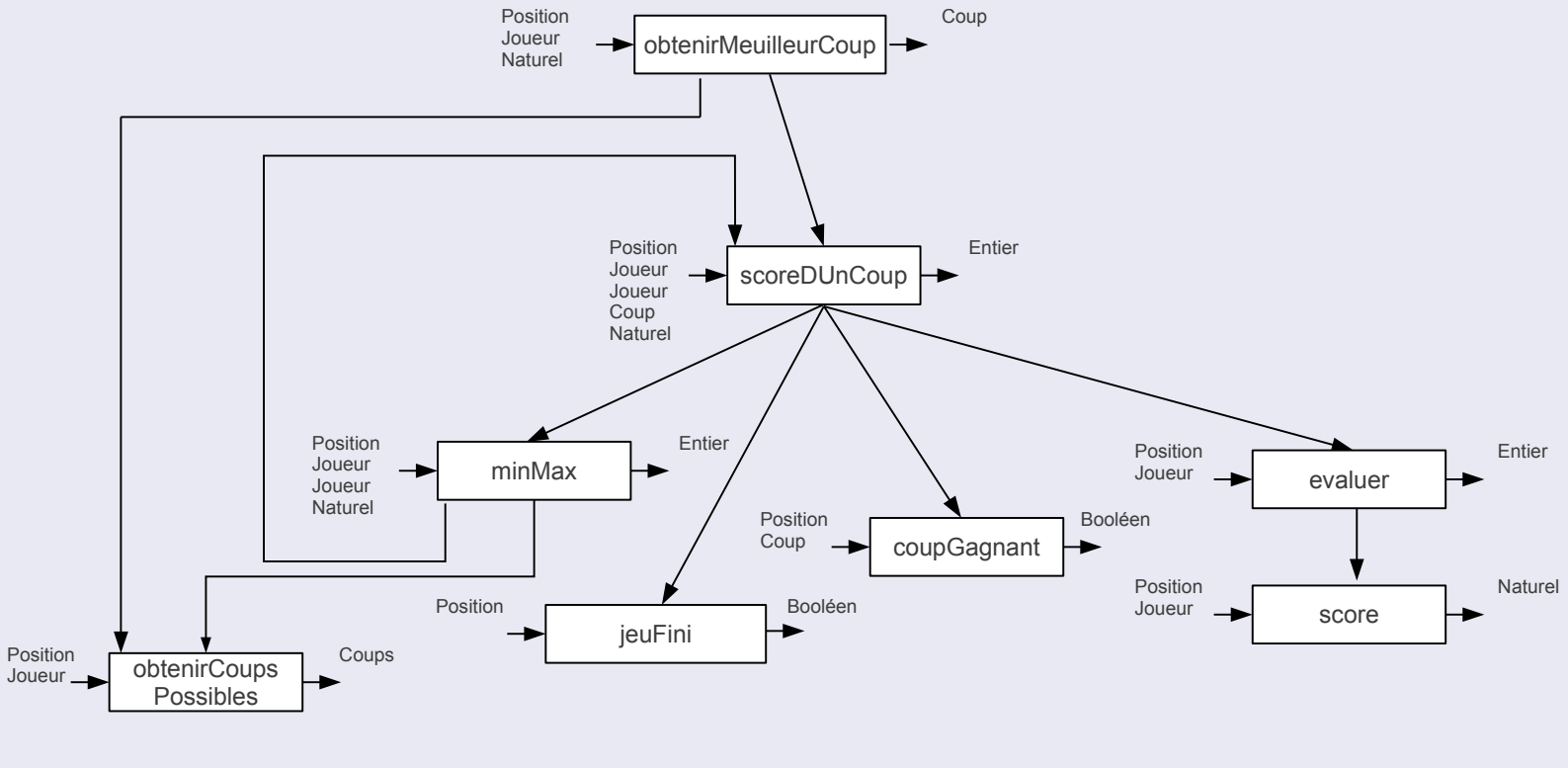
L'algorithme min-max 5 / 6

Synthèse

- Le sous-programme de *choix d'un coup* a besoin :
  - d'un *générateur de coups*
  - d'un *calcul de score* d'un coup
- Le sous-programme de *calcul de score* a besoin :
  - d'une *fonction d'évaluation*
  - de l'algorithme *min-max*
- Le sous-programme *min-max* a besoin :
  - d'une *générateur de coups*
  - d'un *calcul de score* d'un coup

L'algorithme min-max 6 / 6

Analyse descendante



Force brute pour le puissance 4

Générateur de coups

- Il suffit de répertorier toutes les colonnes du plateau qui ne sont pas totalement remplies

Fonction d'évaluation (version très simple)

- Faire la somme du nombre de pions alignés multipliée par un coefficient pour chaque joueur :
  - 1 pour un alignement d'un pion
  - 5 pour un alignement de deux pions
  - 50 pour un alignements de trois pions
  - 1000 pour un alignements de quatre pions
- Faire la différence des scores des deux joueurs

Les types de données et leurs opérations 1 / 2

- Nous avions les types :
  - *Pion* qui est jaune ou rouge
  - *Contenu* d'une case d'un plateau qui est soit vide soit remplie par un pion
  - *Plateau* qui est un ensemble de cases organisées en colonnes et lignes
  - *EtatPartie* l'état finale de la partie (partie gagnée ou partie nulle)
- Auxquels on ajoute
  - **Coups** qui est un ensemble de coups, avec un coup qui est le numéro d'une colonne du plateau

asi
Architecture des Systèmes d'Information

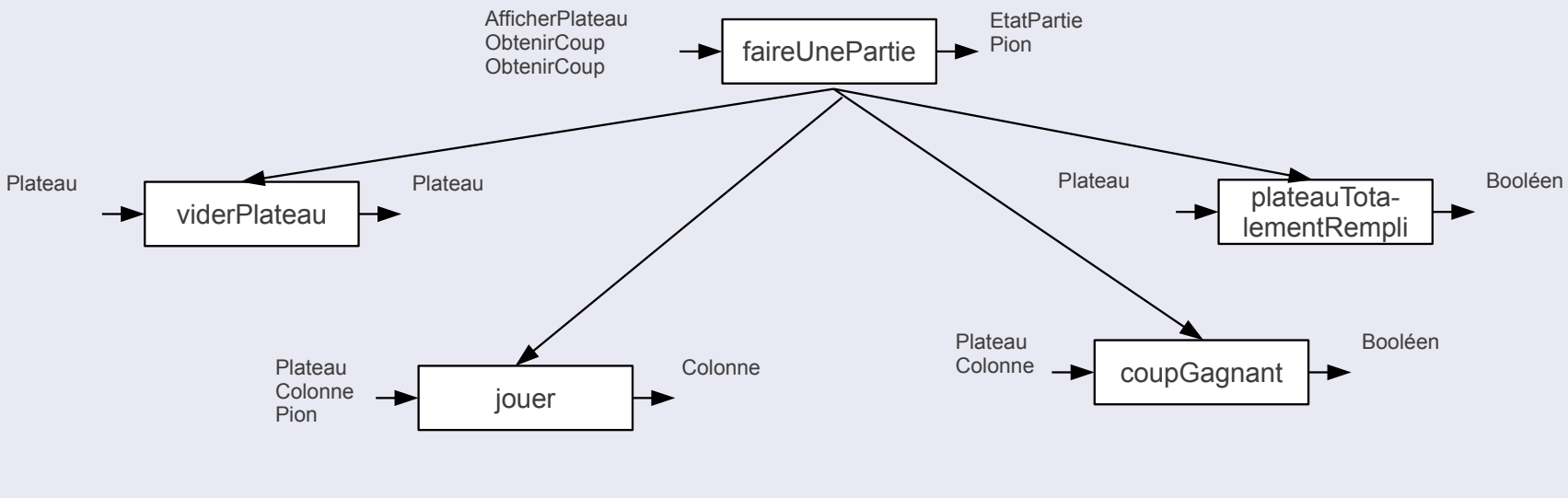
Les types de données et leurs opérations 2 / 2

Opérations de Coups

- obtenir un ensemble de coups vide (*coups*)
  - Sortie : Coups
- obtenir le nb de coups (*nb*)
  - Entrée : Coups
  - Sortie : Naturel
- ajouter un coups (*ajouter*)
  - Entrée : Coups, Colonne
  - Sortie : Coups
- obtenir le ième coups (*ieme*)
  - Entrée : Coups, Naturel
  - Sortie : Colonne

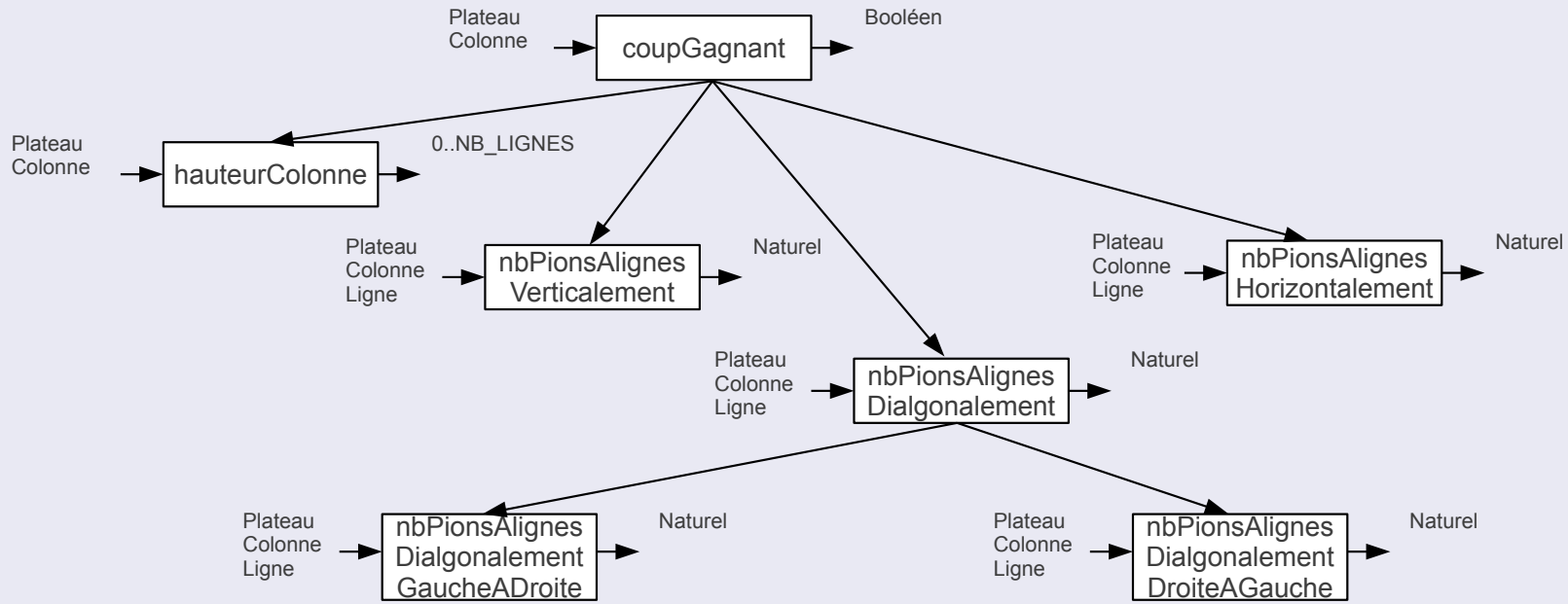
Analyse descendante (rappel) 1 / 3

faire une partie



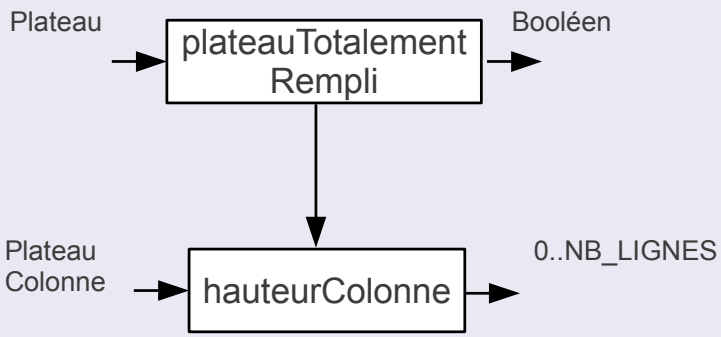
Analyse descendante (rappel) 2 / 3

coup gagnant



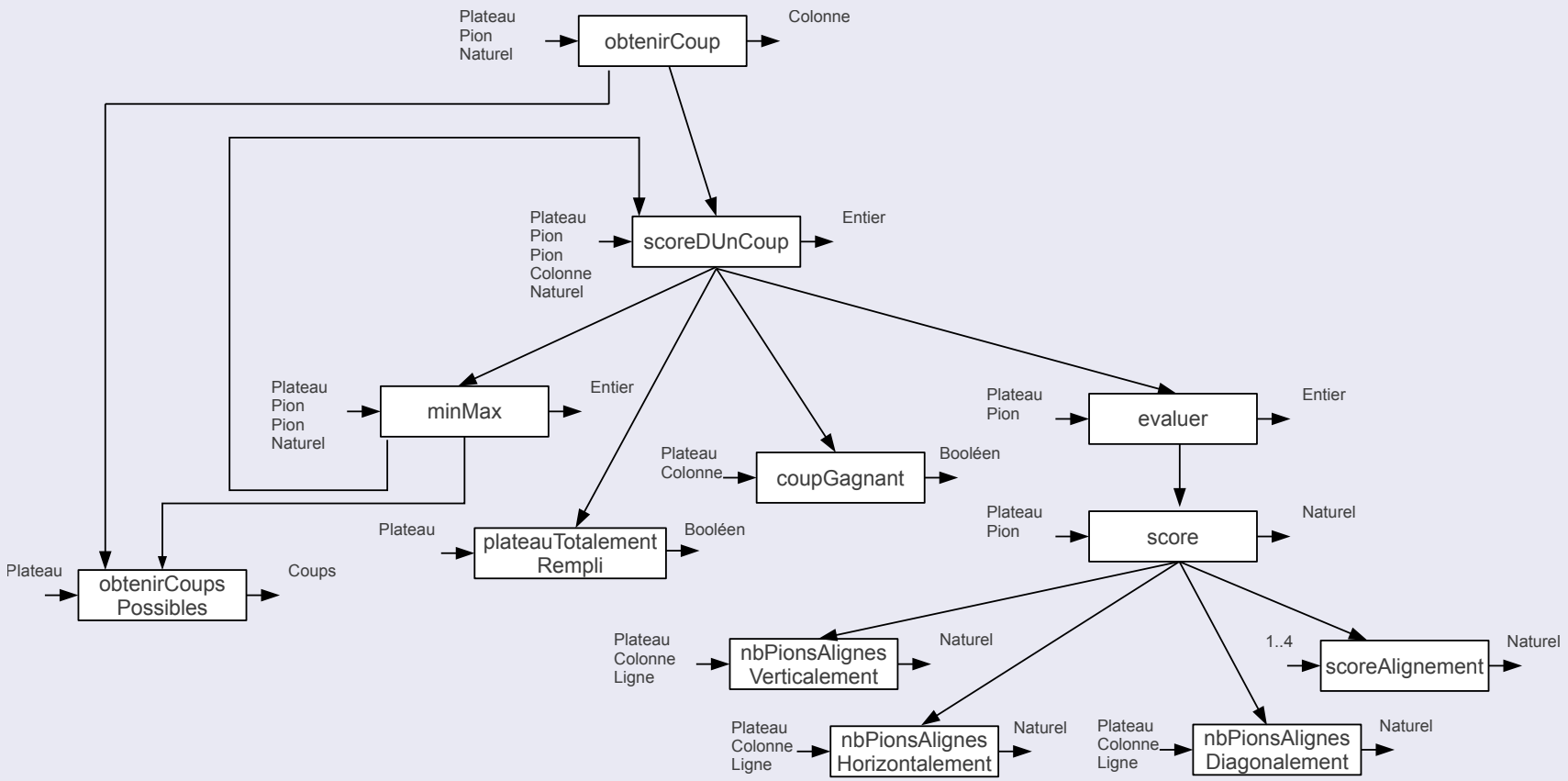
Analyse descendante (rappel) 3 / 3

totalementRempli



Nouvelle analyse descendante pour l'IA

obtenirCoup



Architecture des Systèmes d'Information

Conception préliminaire, nouvelles fonctions / procédures 1 / 2

Opérations de Coups

fonction coups **() :** Coups
fonction nb **(**cps : Coups**) : Naturel**
procédure ajouter **(E/S** cps : Coups,**E** col : Colonne**)**
fonction ieme **(**cps : Coups, ieme : **Naturel) :** Colonne
⌊**précondition(s)** $0 < ieme$ et $ieme \leq nb(cps)$

Conception préliminaire, nouvelles fonctions / procédures 2 / 2

Opérations pour faire jouer l'ordinateur au puissance 4 (IA)

fonction obtenirCoup **(**unPlateau : plateau, joueur : Pion, profondeur : **Naturel) :** Colonne

⌊**précondition(s)** *non plateauTotalementRempli*(*unPlateau*)

fonction obtenirCoupsPossibles **(**unPlateau : plateau**) :** Coups

fonction scoreDUnCoup **(**unPlateau : plateau, joueurRef,joueurCourant : Pion, unCoup : Colonne, profondeur : **Naturel) : Entier**

fonction minmax **(**unPlateau : plateau, joueurRef,joueurCourant : Pion, profondeur : **Naturel) : Entier**

fonction evaluer **(**unPlateau : plateau, joueurRef : Pion**) : Entier**

fonction score **(**unPlateau : plateau, joueur : Pion**) : Entier**

Conception détaillée - Coups 1 / 2

Type Coups

Type Coups = **Structure**
    lesCoups : **Tableau**[1..NB_COLONNES] **de** Colonne
    nbCoups : **Naturel**
finstructure

Opérations du type Coups

fonction coups () : Coups
    Déclaration resultat : Coups
debut
    resultat.nbCoups ← 0
    retourner resultat
fin
fonction nb (cps : Coups) : **Naturel**
debut
    retourner cps.nbCoups
fin

Architecture des Systèmes d'Information

Conception détaillée - Coups 2 / 2

Opérations du type Coups (suite)

procédure ajouterCoup **(E/S** cps : Coups,**E** cp : Colonne**)**
debut
    cps.nbCoups ← cps.nbCoups+1
    cps.lesCoups[cps.nbCoups] ← cp
fin
fonction ieme **(**cps : Coups, i : **Naturel) :** Colonne
    ⌊**précondition(s)** $0 < ieme$ et $ieme \leq nb(cps)$
debut
    retourner cps.lesCoups[i]
fin

Conception détaillée - IA 1 / 6

obtenirCoup

```
fonction obtenirCoup (unPlateau : Plateau, joueur : Pion, profondeur : Naturel) : Colonne
    Déclaration  resultat : Colonne, cps : Coups, score,meilleurScore : Entier, i : Naturel
debut
    cps ← obtenirCoupsPossibles(unPlateau)
    resultat ← ieme(cps,1)
    meilleurScore ← scoreDUnCoup(unPlateau,resultat,joueur,joueur,profondeur)
    pour i ←2 à nb(cps) faire
        score ← scoreDUnCoup(unPlateau,ieme(cps,i),joueur,joueur,profondeur)
        si score>meilleurScore alors
            resultat ← ieme(cps,i)
            meilleurScore ← score
        finsi
    finpour
    retourner resultat
fin
```

Conception détaillée - IA 2 / 6

obtenirCoupsPossibles

fonction obtenirCoupsPossibles **(**unPlateau : Plateau**) :** Coups

⌊**précondition(s)** *non plateauTotalementRempli*(*unPlateau*)

Déclaration i : **Naturel**
resultat : Coups

debut
resultat ← coups()
pour i ←1 **à** NB_COLONNES **faire**
si hauteurColonne(unPlateau,i)<NB_LIGNES **alors**
ajouter(resultat,i)
finsi
finpour
retourner resultat
fin

Conception détaillée - IA 3 / 6

scoreDUnCoup

```
fonction scoreDUnCoup (unPlateau : Plateau, unCoup : Colonne, joueurRef,joueurCourant :
Pion, profondeur : Naturel) : Entier
debut
    jouer(unPlateau,unCoup,joueurCourant)
    si plateauTotalementRempli(unPlateau) ou coupGagnant(unPlateau,unCoup) ou
    profondeur=0 alors
        retourner evaluer(unPlateau,joueurRef)
    sinon
        retourner minMax(unPlateau,joueurRef,autreJoueur(joueurCourant),profondeur-1)
    finsi
fin
```

Conception détaillée - IA 4 / 6

minMax

```
fonction minMax (unPlateau : Plateau, joueurRef,joueurCourant : Pion, profondeur : Naturel)
: Entier
    Déclaration  resultat : Entier, cps : Coups, score : Entier, i : Naturel
debut
    cps ← obtenirCoupsPossibles(unPlateau)
    resultat ← scoreDUnCoup(unPlateau,ieme(cps,1),joueurRef,joueurCourant,profondeur)
    pour i ←2 à nb(cps) faire
        score ← scoreDUnCoup(unPlateau,ieme(cps,i),joueurRef,joueurCourant,profondeur)
        si joueurCourant=joueurRef alors
            resultat ← max(resultat,score)
        sinon
            resultat ← min(resultat,score)
        finsi
    finpour
    retourner resultat
fin
```

Conception détaillée - IA 5 / 6

evaluer

fonction evaluer **(**unPlateau : Plateau, joueurRef : Pion**) : Entier**
debut
    retourner score(unPlateau,joueurRef)-score(unPlateau,autreJoueur(joueurRef))
fin

score

fonction scoreAlignement **(**nbPionsAlignes : 1..4**) : Entier**
    Déclaration resultat : **Entier**
debut
    cas où nbPionsAlignes **vaut**
        1:
            resultat ← 1
        2:
            resultat ← 5
        3:
            resultat ← 50
        4:
            resultat ← 1000
    fincas
    retourner resultat
fin

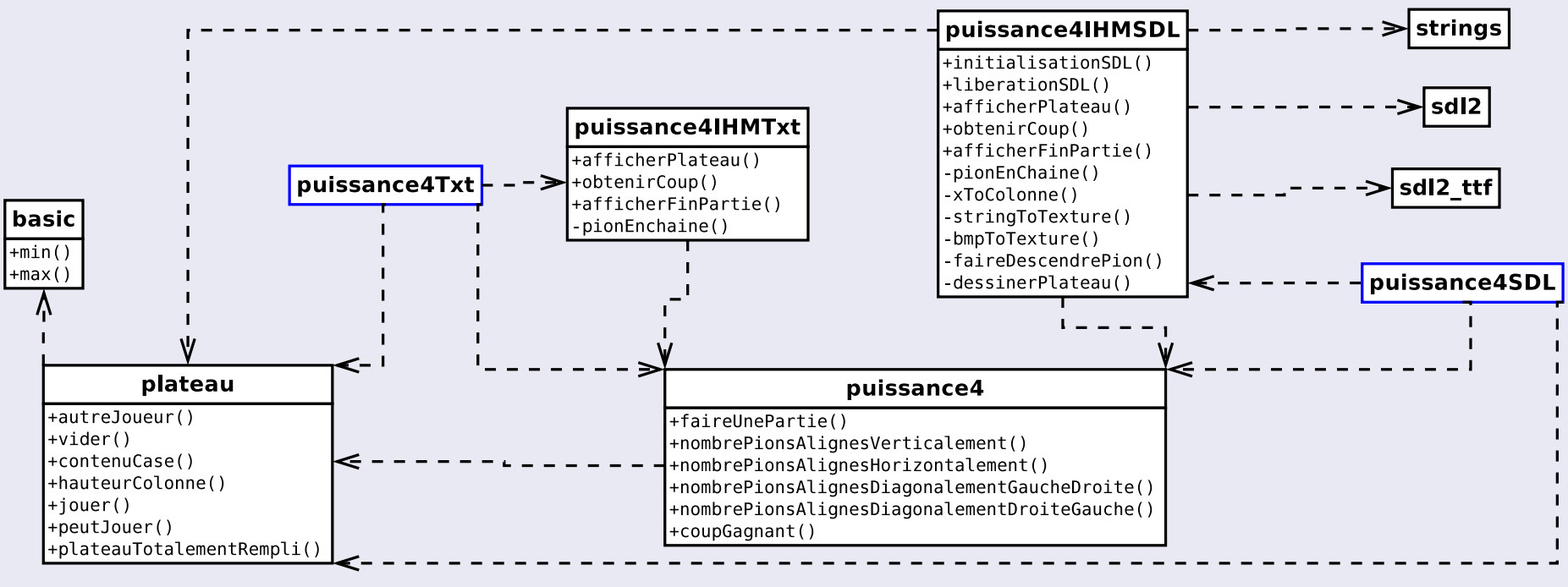
Conception détaillée - IA 6 / 6

score

```
fonction score (unPlateau : Plateau, joueurRef : Pion) : Entier
    Déclaration  resultat : Entier, i : Colonne, j : Ligne
debut
    resultat ← 0
    pour i ←1 à NB_COLONNES faire
        pour j ←1 à NB_LIGNES faire
            si contenuCase(unPlateau,i,j)=joueurRef alors
                resultat ← resultat+
                    scoreAlignement(nbPionsAlignesVerticalement(unPlateau,i,j))
                resultat ← resultat+
                    scoreAlignement(nbPionsAlignesHorizontalement(unPlateau,i,j))
                resultat ← resultat+
                    scoreAlignement(nbPionsAlignesDiagonalementGaucheADroite(unPlateau,i,j))
                resultat ← resultat+
                    scoreAlignement(nbPionsAlignesDiagonalementDroiteAGauche(unPlateau,i,j))
            finsi
        finpour
    finpour
    retourner resultat
fin
```

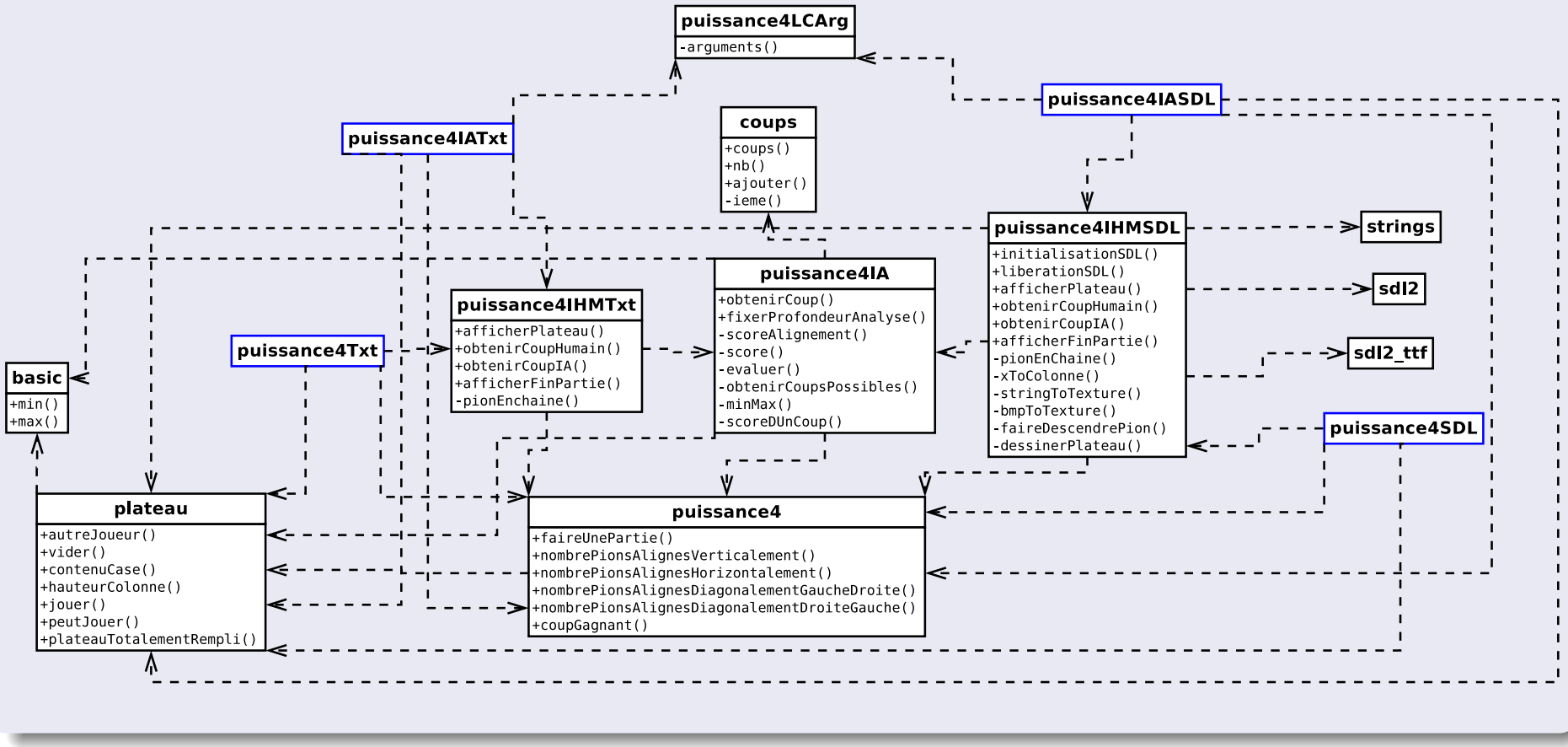
Développement en Pascal 1 / 2

Ancien diagramme d'unités - Texte et graphique



Développement en Pascal 2 / 2

Nouveau diagramme d'unités - Texte et graphique



asi
Architecture des Systèmes d'Information

Conclusion

Conclusion

- Sans la méthodologie du cycle en V :
  - Il aurait été difficile d'atteindre le résultat
  - Il aurait été impossible de séparer le travail
- Ce qu'il reste à faire pour avoir un bon programme
  - Compléter la documentation du code
  - Finir les tests unitaires
  - Améliorer :
    - la fonction d'évaluation (prendre en compte qu'une suite de pions non entourés compte plus qu'une suite de pions entourés)
    - les performances : élagage de l'arbre de récursion (algorithme $\alpha - \beta$)

Architecture des Systèmes d'Information