Fouille de séquences pour la découverte de motifs dans les jeux de stratégies en temps réel

Guillaume Bosc Mehdi Kaytoue Chedy Raïssi
Jean-François Boulicaut

Université de Lyon, CNRS, INSA-Lyon, LIRIS, UMR5205, F-69621, France
INRIA Nancy Grand Est, France

Soumis à "Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics
ECML/PKDD 2013 workshop"

15 juillet 2013

La société et le jeu vidéo

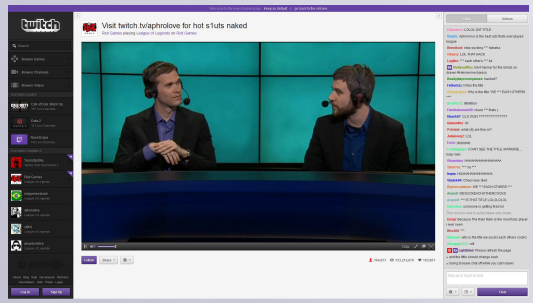
L'explosion de l'industrie du jeu vidéo

- Numérisation des sociétés modernes
- Editeurs de jeux vidéo : sociétés parmi les plus lucratives de la décennie (40M€ de budget pour développer le jeu "Assassin's creed II" d'Ubisoft)
- Joueurs de plus en plus nombreux (600 millions pour "Angry Bird" (Rovio Entertainment))

Le sport électronique : E-Sport

Le développement du E-Sport

- Notion ancrée en Corée du Sud depuis plus de 15 ans
- Compétitions opposant des professionnels du jeu vidéo, soutenue par des sponsors, diffusées par des commentateurs, suivies par des spectateurs...
- Phénomène renforcé par les Social TVs



M. Kaytoue, A. Silva, L. Cerf, Wagner Meira Jr. et C. Raïssi
Watch me playing, i am a professional : a first study on video game live streaming.
In *WWW 2012 (Companion Volume), pages 1181–1188. ACM*, 2012.

T. L. Taylor
Raising the Stakes :E-Sports and the Professionalization of Computer Gaming.
In *MIT Press*, 2012.

Objectifs

Sujets d'étude possibles

- Équilibrage du jeu
- Prédiction de victoires
- Détection de tricheurs
- Reconnaissance de joueurs, de ligues
- Amélioration des systèmes de "match-making"

Plan

1 StarCraft II

2 Notations et Problème

3 Méthodologie

4 Étude expérimentale

5 Conclusion

Plan

1 StarCraft II
- Principe
- Caractéristiques
- Replays

2 Notations et Problème

3 Méthodologie

4 Étude expérimentale

5 Conclusion

StarCraft II : un jeu de stratégie en temps réel

StarCraft II : Le principe

- Deux joueurs s'affrontent sur une carte de jeu
- Chaque joueur choisit une faction parmi les 3 du jeu (Protoss (P), Terran (T) et Zerg (Z)) : 6 types de matchs possibles
- Objectif : récolter des ressources pour construire des bâtiments afin de mettre en place une armée et détruire la base adverse (⇒ Élaborer une stratégie)

StarCraft II : un jeu de stratégie en temps réel

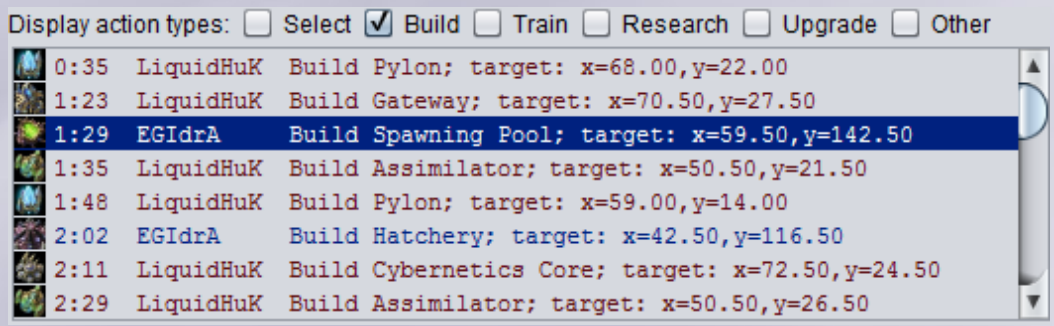
StarCraft II : Les caractéristiques

- Chaque faction permet de construire des bâtiments et des unités différents
- Principe du Pierre-Feuille-Ciseaux entre les unités
- Un système de “brouillard de guerre” qui limite le champ de vision des joueurs sur la carte

StarCraft II : un jeu de stratégie en temps réel

StarCraft II : Les replays

- Traces des actions effectuées par les 2 joueurs (déplacement, construction, attaques, ...)
- Les séquences d'actions contenues témoignent de la stratégie utilisée par les joueurs
- Mais très exposés au bruit : TOUTES les actions sont stockées, même celles qui n'ont eu aucun impact !
- Dans ces séquences qu'on cherche les stratégies



Plan

1 StarCraft II

2 Notations et Problème
- Notations
- Problème

3 Méthodologie

4 Étude expérimentale

5 Conclusion

Notations

- $\mathcal{I}$ est l'ensemble des **items**
- $s = \langle t_1 t_2 ... t_n \rangle$ est une **séquence**, où $t_j \subseteq \mathcal{I}$ pour tous $j \in \{1, ..., n\}$
- $\alpha = \langle a_1 a_2 ... a_n \rangle$ est une **sous-séquence** d'une autre séquence $\beta = \langle b_1 b_2 ... b_m \rangle$, noté $\alpha \sqsubseteq \beta$, si et seulement si $\exists j_1, j_2, ..., j_n$ tels que $1 \leq j_1 < j_2 < ... < j_n \leq m$ et $a_1 \subseteq b_{j_1}, a_2 \subseteq b_{j_2}, ..., a_n \subseteq b_{j_n}$
- $support_{\mathcal{D}}(\alpha) = \{s \mid \alpha \sqsubseteq s,\ s \in \mathcal{D}\}$ est le **support** de la séquence α, où $\mathcal{D} = \{s_1, s_2, ..., s_n\}$ est la base de données des séquences
- α est **fréquente** si $|support_{\mathcal{D}}(\alpha)| \geq minSupp$, où $minSupp$ est le support minimum fixé

Notations

id	description
s_{10}	$\langle a\{abc\}\{ac\}d\{cf\}\rangle$
s_{20}	$\langle\{ad\}c\{bc\}\{ae\}\rangle$
s_{30}	$\langle\{ef\}\{ab\}\{df\}cb\rangle$
s_{40}	$\langle eg\{af\}cbc\rangle$

Exemple

- $\mathcal{I} = \{a, b, c, d, e, f\}$
- $\alpha = \langle abc\rangle \sqsubseteq s_{10}$ et $\alpha \sqsubseteq s_{40}$, mais $\alpha \not\sqsubseteq s_{20}$ et $\alpha \not\sqsubseteq s_{30}$
- Avec $minSupp = 3$, $\chi = \langle acc\rangle$ est fréquente ($support_{\mathcal{D}}(\chi) = \{s_{10}, s_{20}, s_{40}\}$)
- $\delta = \langle a\{bc\}a\rangle$ n'est pas fréquente ($|support_{\mathcal{D}}(\delta)| = 2 < minSupp$)

Problème

Comment appliquer la fouille de motifs séquentiels fréquents aux replays pour découvrir/caractériser des stratégies ?

- Comment encoder les séquences ?
- Quel alphabet utiliser ?
- Quelle taille de fenêtres choisir ?
- Comment savoir si une séquence est équilibrée ou non ?

Plan

1 StarCraft II

2 Notations et Problème

3 Méthodologie
- Processus
- Définitions
- Algorithmes

4 Étude expérimentale

5 Conclusion

Processus

Processus exécuté en trois étapes

- Construction des séquences à partir de la collection de replays
- Extraction des motifs séquentiels fréquents
- Calcul de la mesure d'équilibre

Définitions : Première étape [Encodage]

Abstraction de la notion de replay

Deux agents qui tentent d'atteindre un but en réalisant des actions dépendantes en temps réel. L'un va réussir l'autre va échouer.

Impact sur la construction des séquences

- Possibilités : 1 séquence/joueur OU 1 séquence/partie
- Objectif : Mettre en avant le phénomène d'Action/Réaction
- Choix : 1 séquence/partie

Définitions : Première étape [Encodage]

Définition (Alphabet)

Soit A l'ensemble des actions possibles pour chacun des agents et T l'ensemble de tous les timestamps (fenêtre de temps à laquelle l'action a été effectuée). L'alphabet des séquences est défini ainsi : $\mathcal{I} = A \times T \times R$ où $R = \{success, fail\}$.

Exemple (Alphabet)

$s = \langle \{(Pylon, 2, success)\}\ \{(Gateway, 3, success), (Spawning, 3, fail)\}$
$\{(Pylon, 4, success)\}\ \{(Hatchery, 5, fail), (Cybernetics\ Core, 5, success)\}\rangle$

0:35	LiquidHuK	Build Pylon; target: x=68.00,y=22.00
1:23	LiquidHuK	Build Gateway; target: x=70.50,y=27.50
1:29	EGIdrA	Build Spawning Pool; target: x=59.50,y=142.50
1:48	LiquidHuK	Build Pylon; target: x=59.00,y=14.00
2:02	EGIdrA	Build Hatchery; target: x=42.50,y=116.50
2:11	LiquidHuK	Build Cybernetics Core; target: x=72.50,y=24.50

Définitions : Deuxième étape [Extraction]

Extraction des motifs séquentiels fréquents

Utilisation de l'algorithme PrefixSpan

Jian Pei et al.
PrefixSpan : Mining Sequential Patterns by Prefix-Projected Growth.
In *ICDE*, 2001.

Définitions : Troisième étape [Équilibrage]

Motifs stratégiques équilibrés ?

- Motifs séquentiels fréquents seuls pas assez informatifs
- Nécessité d'une mesure permettant de donner une information sur l'équilibrage des motifs stratégiques
- Mise au point de deux nouvelles notions :
  - **Séquence Duale**
  - **Mesure d'Équilibre**

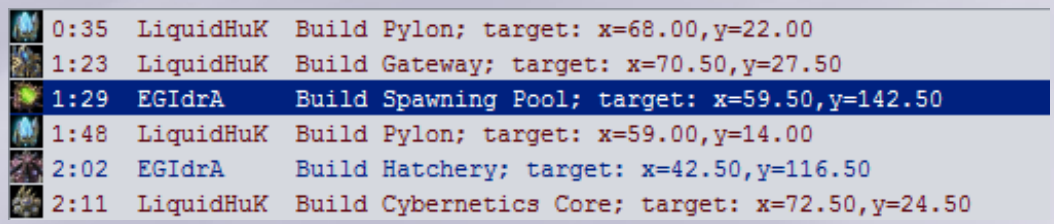
Définitions : Troisième étape [Équilibrage]

Définition (Séquence duale)

La séquence duale de la séquence s composée des items $(a, t, r) \in \mathcal{I}$ est la même séquence où chacun des triplets $(a, t, r) \in \mathcal{I}$ est remplacé par $(a, t, R \backslash r)$.

Exemple (Séquence duale)

$s = \langle \{(Pylon, 2, fail)\} \{(Gateway, 3, fail), (Spawning, 3, success)\} \{(Pylon, 4, fail)\} \{(Hatchery, 5, success), (Cybernetics\ Core, 5, fail)\} \rangle$



Définitions : Troisième étape [Équilibrage]

Definition (Mesure d'équilibre)

Soit un motif séquentiel fréquent s et sa séquence duale $\tilde{s}$. On définit la mesure d'équilibre de s par :

$$balance(s) = \frac{|support_{\mathcal{D}}(s)|}{|support_{\mathcal{D}}(s)| + |support_{\mathcal{D}}(\tilde{s})|}$$

Propriétés de la mesure

- $balance(s) \in [0;1]$
- $balance(s) = 0.5 \Rightarrow$ stratégie équilibrée
- $balance(s) = 1$ ou $0 \Rightarrow$ stratégie discriminante
- $balance(s) + balance(\tilde{s}) = 1$
- Motifs symétriques $\Rightarrow balance(s) = 0.5$

Algorithmes

Calcul de la mesure d'équilibre

- Réalisé en post-traitement
- Calculé initialement de manière naïve
- Optimisé en fournissant une structure de données auxiliaire

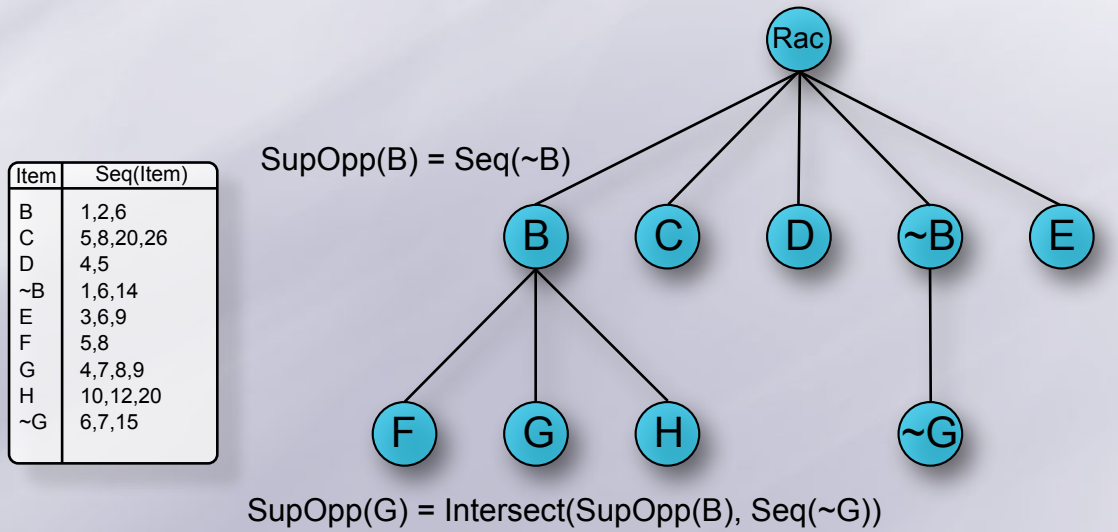


FIGURE : Principe du calcul du support de la séquence duale

Algorithmes

Suppression des doublons

- Réalisée en post-traitement
- Calculée par double parcours de l'arbre obtenu par PrefixSpan

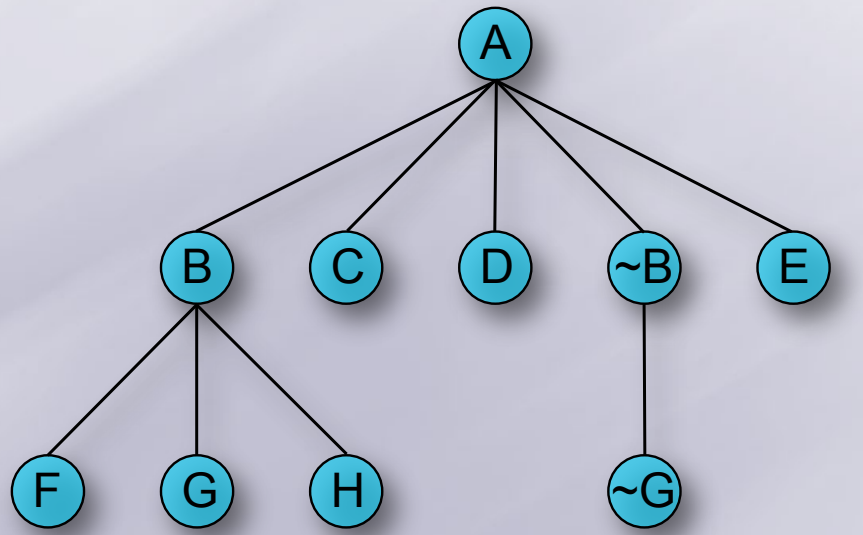


FIGURE : Principe de suppression des doublons

Algorithmes

Suppression des doublons

- Réalisée en post-traitement
- Calculée par double parcours de l'arbre obtenu par PrefixSpan

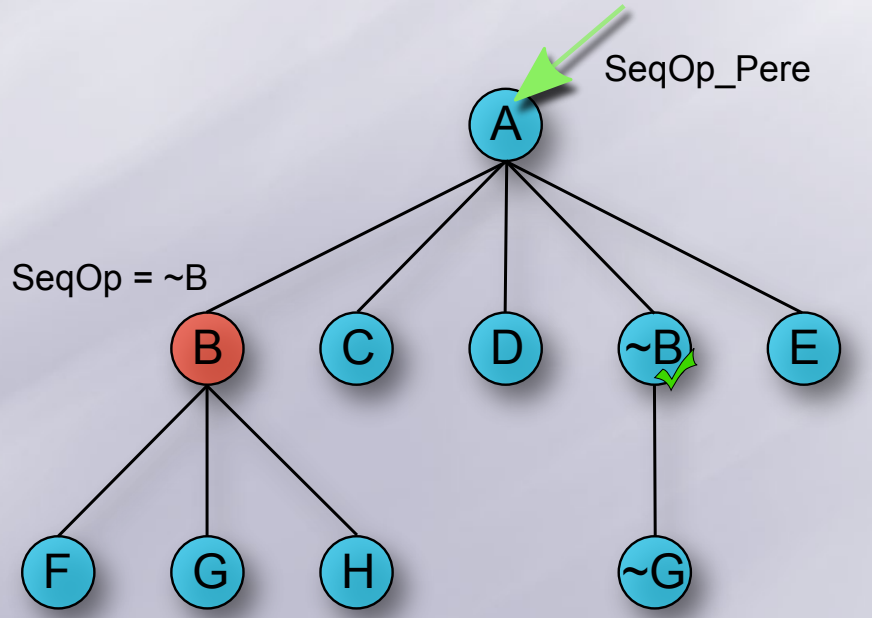


FIGURE : Principe de suppression des doublons

Algorithmes

Suppression des doublons

- Réalisée en post-traitement
- Calculée par double parcours de l'arbre obtenu par PrefixSpan

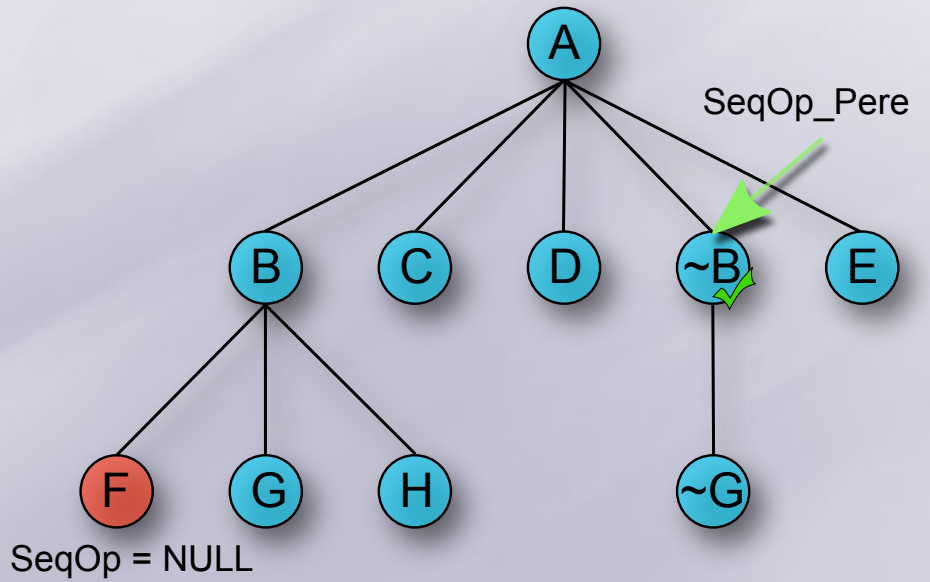


FIGURE : Principe de suppression des doublons

Algorithmes

Suppression des doublons

- Réalisée en post-traitement
- Calculée par double parcours de l'arbre obtenu par PrefixSpan

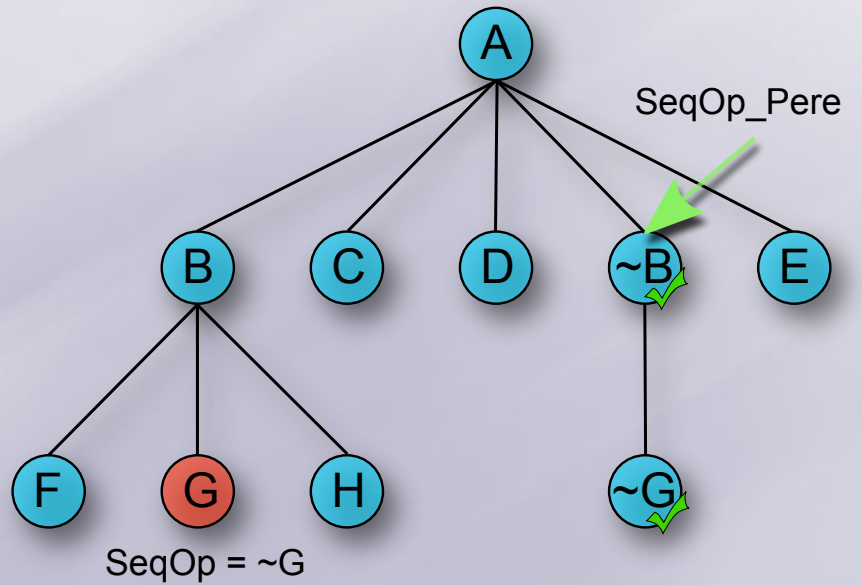


FIGURE : Principe de suppression des doublons

Plan

1 StarCraft II

2 Notations et Problème

3 Méthodologie

4 Étude expérimentale
- La collection de replays bruts
- Les séquences obtenues
- Résultats quantitatifs
- Résultats qualitatifs

5 Conclusion

La collection de replays bruts

- Replays facilement récupérables sur Internet
- Collection initiale de 371 267 replays
- Replays filtrés selon plusieurs critères : 1vs1, 200APM minimum, plus haute ligue officielle
- Collection finale de 90 768 parties, 30 678 joueurs différents

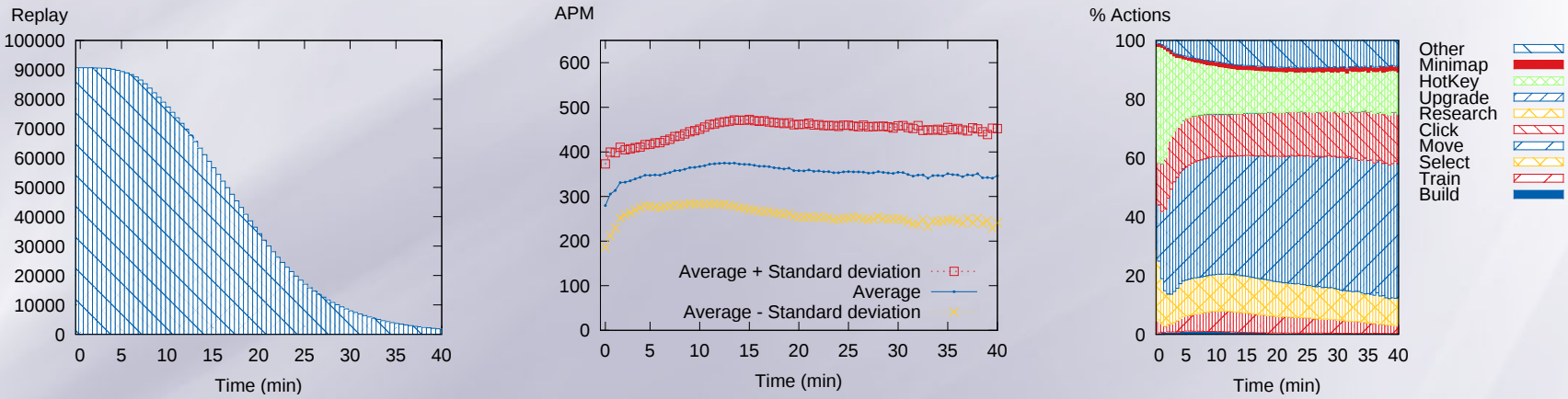


FIGURE : Caractéristiques des données

Les séquences obtenues

- Séparation des replays en 6 catégories (PvP, PvT, PvZ, TvZ, TvT et ZvZ)
- Seules les actions de construction sont initialement conservées
- L'alphabet a été augmenté avec le numéro d'occurrence de chacun des bâtiments : $\mathcal{I} = A \times T \times R \times \mathbb{N}$)
- Fenêtre de temps de 30s
- Certains bâtiments sont ignorés
- Utilisation de l'API Sc2Gears

Tableau récapitulatif

Data	Build				Build + Upgrade + Occurrence			
	Item	Seq.	IS	I/IS	Item	Seq.	IS	I/IS
PvP	1,160	6,668	11.5	2.0	5,624	6,668	11.6	2.1
PvT	3,655	18,754	19.0	2.6	24,019	18,754	19.4	2.7
PvZ	3,748	22,784	19.6	2.7	27,913	22,784	20.1	2.8
TvT	2,201	7,457	20.7	2.8	15,572	7,457	21.2	2.9
TvZ	4,492	23,637	22.5	2.8	33,050	23,637	23.1	2.9
ZvZ	1,689	9,554	14.2	2.2	9,139	9,554	14.7	2.3

TABLE : Caractéristiques de la base de données de séquences

Résultats quantitatifs

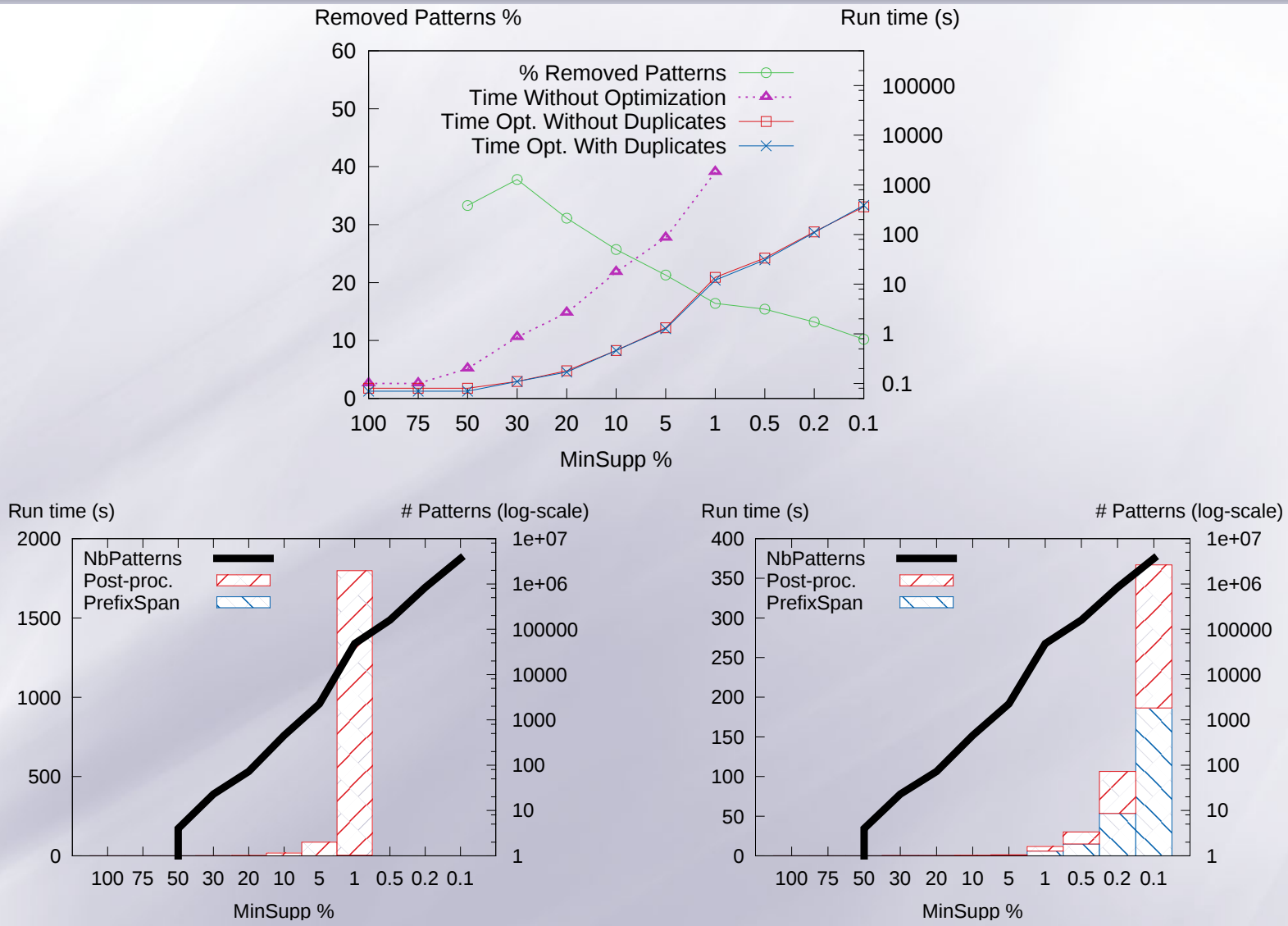


FIGURE : Temps d'exécution et nombre de motifs

Résultats quantitatifs

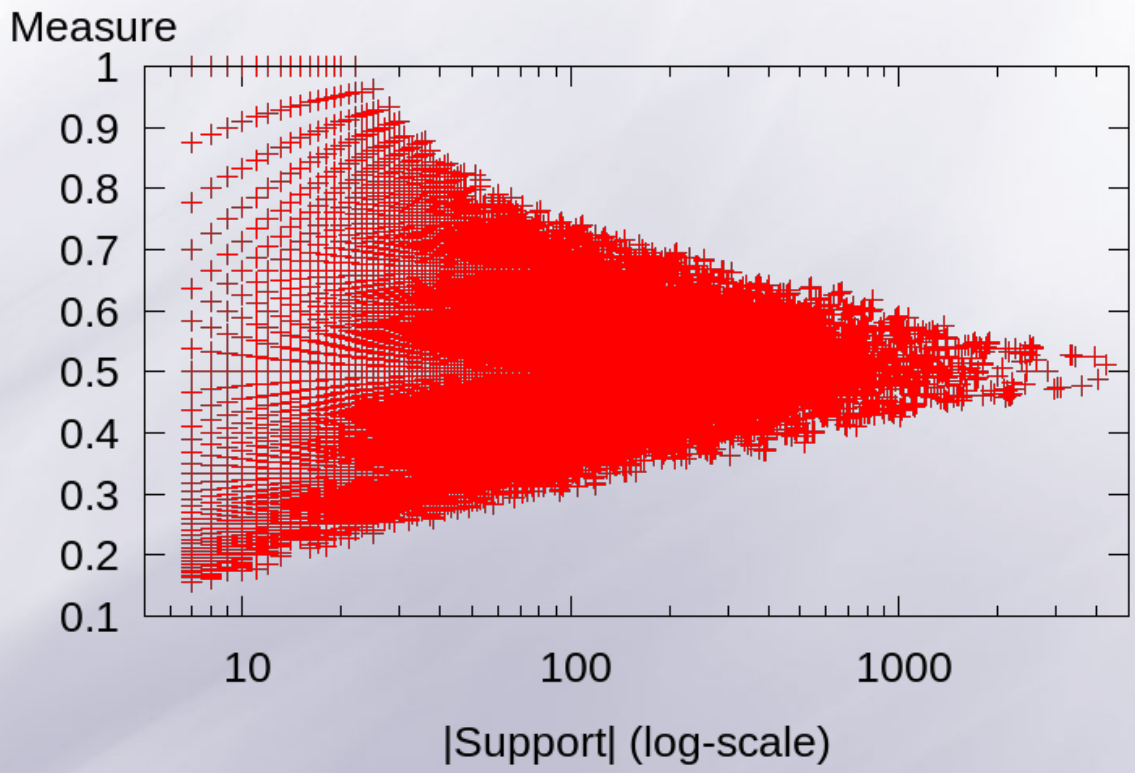


FIGURE : Mesure et Support

Résultats qualitatifs : Stratégies d'ouverture

Caractéristiques des stratégies d'ouverture

- Stratégies les plus connues
- Stratégies fréquentes
- Stratégies normalement équilibrées

Résultats qualitatifs : Exemple [Forge-Expand]

Forge-Expand

- Stratégie Protoss en PvZ
- Objectif : Se prémunir contre une attaque rapide en début de partie

Exemple - minSupp 5% - 591 motifs

- $s = \langle\{(Nexus, 5, S)\}\{(Gateway, 6, S)(PhotonCannon, 6, S)\}\rangle$ - $balance(s) = 0.52$
- $s = \langle\{(Nexus, 5, S)\}\{(PhotonCannon, 6, S)(Assimilator, 6, S)\}\rangle$ - $balance(s) = 0.52$

Build Order : ForgeExpand

- 9 : Pylon
- 14 : Forge
- 17 : Nexus
- 17 : Pylon
- 18 : Gateway
- 18 : Photon Cannon
- 18 : Assimilator x2

Résultats qualitatifs : Exemple [4 Gates]

4 Gates

- Stratégie Protoss en PvP
- Objectif : Stratégie standard permettant d'attaquer rapidement et d'assurer une bonne économie après

Exemple - minSupp 5% - 3418 motifs

- $s = \langle\{(Gateway, 3, S, 1)\ (Assimilator, 3, S, 1)\}\ \{(Cyb.Core, 4, S, 1)\}\ \{(Gateway, 7, S, 2)\ (Gateway, 7, S, 3)\ (Gateway, 7, S, 4)\}\rangle$ - $balance(s) = 0.59$

Build Order : 4 Gates

- 9 : Pylon
- 12 : Gateway
- 14 : Assimilator
- 15 : Pylon
- 17 : Cybernetics Core
- 22 : Warpgate
- 24 : Gateway x3
- 26 : Pylon
- 26 : Assimilator

Résultats qualitatifs : Exemple [1/1/1]

1/1/1

- Stratégie Terran
- Objectif : Stratégie permettant de commencer la partie avec plusieurs bâtiments clés

Exemple - minSupp 5% - 400 motifs

- $s = \langle\{(Barracks, 3, S, 1)\ (Refinery, 3, S, 1)\}\ \{(Factory, 6, S, 1)\}\ \{(Tech - Lab, 8, S, 1)\}\rangle$ - $balance(s) = 0.51$
- $s = \langle\{(Barracks, 3, S, 1)\ (Refinery, 3, S, 1)\}\ \{(Factory, 6, S, 1)\}\ \{(Starport, 8, S, 1)\}\rangle$ - $balance(s) = 0.46$ - $minSupp = 1\%$

Build Order : 1/1/1

- 12 : Barracks
- 13 : Refinery
- 17 : Refinery
- 18 : Factory
- 20 : Tech Lab
- 22 : Starport

Résultats qualitatifs : Stratégies déséquilibrées

- Détection de stratégies déséquilibrées : une priorité pour les éditeurs de jeux vidéo
- TvZ + $minSupp = 1\%$: 17 990 motifs
  - Stratégie “Bunker-Rush” déséquilibrée
  - Bunker contenu dans 602 motifs
  - 20 séquences avec $balance(s) \geq 0.6$ ou ≤ 0.4
  - $s = \langle\{(Barracks, 1, S, 1)\}, \{(SpPool, 4, F, 1)\}, \{(Bunker, 6, S, 1), (SpCrawler, 6, F, 1)\}\rangle$ $(balance(s) = 0.61)$

Plan

1 StarCraft II

2 Notations et Problème

3 Méthodologie

4 Étude expérimentale

5 Conclusion
- Conclusion
- Perspectives

Conclusion

- Étude préliminaire sur l'extraction de motifs séquentiels du jeu "StarCraft II"
- Processus d'obtention en 3 étapes :
  - Encodage des actions des joueurs en séquence
  - Extraction des motifs séquentiels fréquents
  - Calcul de la mesure d'équilibre
- Extraction de motifs intéressants en temps raisonnable

Perspectives

- Visualisation des résultats sur un arbre dynamique
- Prédiction de victoires d'une partie en temps réel
- Détection de tricheurs
- Profilage de joueurs
- Reconnaissance de la ligue

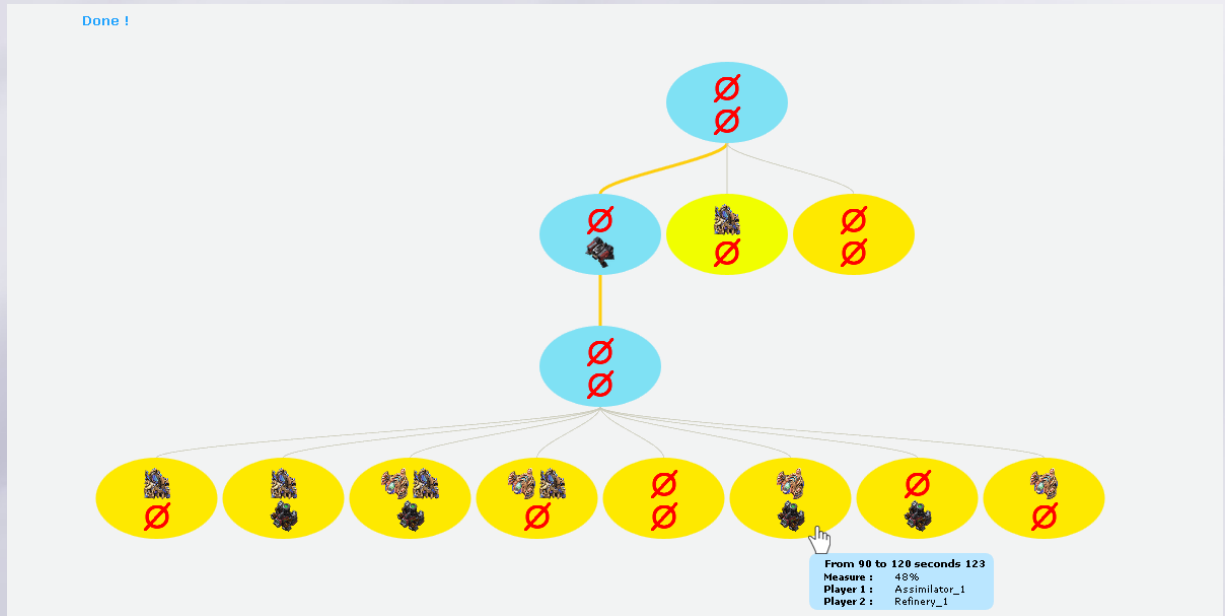


FIGURE : Arbre de visualisation dynamique