

Introduction à l'algorithme de labellisation

Version 9.2

Table des matières

1	Introduction.....	1
2	Algorithme de labellisation	2
2.1	Cas 1 : Gestion des actions refusées par le jeu	2
2.2	Cas 2 : Gestion des actions acceptées par le jeu	2
2.2.1	Cas particulier de l'action de fin de niveau	3
2.2.2	Cas d'une entrée dans l'espace filtré	3
2.2.3	Cas d'une sortie de l'espace filtré	3
2.2.4	Cas d'une progression dans l'espace filtré	3
2.2.5	Cas d'une progression hors de l'espace filtré.....	4
2.2.6	Cas spécifiques	5
2.3	Cas 3 : Gestion des actions manquantes en fin de jeu.....	5
3	Illustration des situations d'identification des labels.....	6
3.1	Label Correcte	6
3.2	Label Equivalente	7
3.3	Label Saut avant	7
3.4	Label Rattrapage.....	8
3.5	Label Non optimale	8
3.6	Label Stagnation	9
3.7	Label Retour arrière.....	9
3.8	Label Rapprochement	9
3.9	Label Inutile	10
3.10	Label Eloignement	10
3.11	Label Erronée.....	10

1 Introduction

L'algorithme de labellisation a pour objectif d'associer des labels aux actions du joueur. Ces labels ont vocation à être ensuite exploités pour alimenter un taux de succès du niveau considéré et inférer la croyance du système sur la maîtrise des compétences du joueur.

18 labels sont identifiables par la version 9.2 de l'algorithme de labellisation. Ces labels sont les suivants : **Autre branche de résolution, Correcte, Déjà vu, Eloignement, Equivalente, Erronée, Intrusion, Inutile, Manquante, Mauvais choix, Non optimale, Rapprochement, Rattrapage, Retour arrière, Saut avant, Stagnation, Trop tard et Trop tôt.**

L'algorithme de labellisation utilise comme données d'entrées (voir Figure 1) : (1) le réseau de Pétri dit « complet » modélisant le niveau de jeu à analyser, (2) le réseau de Pétri dit « filtré » qui est un sous réseau du réseau de Pétri complet où les transitions non utilisées par l'expert sont éliminées et

(3) la trace du joueur sur le niveau à analyser. Les deux réseaux (« complet » et « filtré ») permettent de projeter la trace de l'apprenant-joueur sur les deux réseaux et comparer ainsi les écarts.

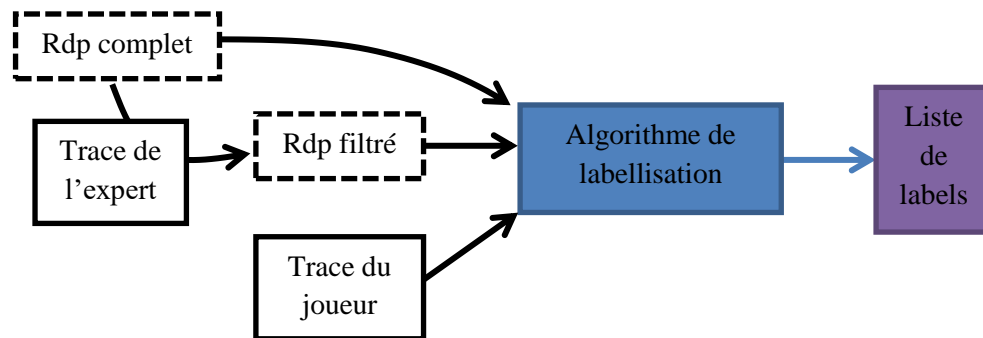


Figure 1 : Entrées et sortie de l'algorithme de labellisation

2 Algorithme de labellisation

L'algorithme de labellisation est décomposé en trois cas :

- Cas 1 : Gestion des actions refusées par le jeu ;
- Cas 2 : Gestion des actions acceptées par le jeu ;
- Cas 3 : Gestion des actions manquantes en fin de jeu.

2.1 Cas 1 : Gestion des actions refusées par le jeu

Le cas 1 se produit lorsque le joueur tente de faire une action qui enfreint les règles du jeu. Par exemple, si le joueur tente d'ouvrir une porte alors qu'il ne possède pas la clé, le jeu refusera d'ouvrir la porte. Dans ce cas-là l'algorithme vérifie si l'action en question (1) fait partie des actions expertes, (2) a éventuellement été réalisable précédemment et (3) sera éventuellement réalisable dans le futur. En fonction de l'évaluation de ces critères, les labels suivants peuvent être associés à l'action du joueur : **Intrusion** (1 && 2 && 3), **Trop tôt** (1 && -2 && 3), **Trop tard** (1 && 2 && -3), **Autre branche de résolution** (1 && -2 && -3) et **Erronée** (-1).

2.2 Cas 2 : Gestion des actions acceptées par le jeu

Le cas 2 se produit lorsqu'une action de la trace est acceptée par le jeu. Le cas 2 gère notamment le cas particulier de l'action de fin de niveau. Outre ce cas particulier, l'algorithme évalue l'état du monde généré par le joueur et son évolution vis-à-vis de l'état précédent. Le point clé de cette partie est de déterminer l'inclusion ou pas de ces deux marquages dans l'ensemble des marquages accessibles avec les seules actions de l'expert à partir de l'état initial, nous appellerons cet ensemble de marquage : **l'espace filtré**. Quatre sous cas peuvent se produire :

- Cas d'une **entrée** dans l'espace filtré
- Cas d'une **sortie** de l'espace filtré
- Cas d'une progression **dans** l'espace filtré
- Cas d'une progression **hors** de l'espace filtré

Suite à l'analyse de ces différents cas, le label **Déjà vu** peut être ajouté à l'action en cours d'analyse si l'état du monde généré correspond à un état déjà rencontré par le joueur.

2.2.1 Cas particulier de l'action de fin de niveau

Nous sommes ici dans la situation où l'action a été acceptée par le jeu et correspond à une action experte de fin de niveau. L'action ne peut être que **correcte**.

2.2.2 Cas d'une entrée dans l'espace filtré

Nous sommes ici dans la situation où à l'étape n-1 l'état du monde n'était pas synchronisé avec un état du monde de l'espace filtré. Mais le nouvel état généré repositionne l'état du monde dans cet espace. Il convient alors de vérifier s'il est possible d'atteindre la fin du niveau à partir de ce nouvel état en ne considérant que les seules actions de l'expert. Si la fin du niveau est atteignable nous interrogeons l'historique des états rencontrés par le joueur, voir **Cas Historique** (2.2.6.1). Si ce n'est pas le cas nous considérons que le joueur s'est mis dans une impasse (du point de vue de la résolution de l'expert), voir **Cas Tendance** (2.2.6.2).

2.2.3 Cas d'une sortie de l'espace filtré

Nous sommes ici dans la situation où à l'étape n-1 l'état du monde était synchronisé avec un état de l'espace filtré. Mais le nouvel état généré positionne l'état du monde à l'extérieur de cet espace. Le joueur utilise donc forcément une action non expert, l'action est donc labellisée comme **Erronée**.

2.2.4 Cas d'une progression dans l'espace filtré

Nous sommes ici dans la situation où l'état du monde à l'étape n-1 et le nouvel état généré sont tous les deux synchronisés avec un état du monde de l'espace filtré. Dans ce cas l'algorithme cherche à évaluer si le joueur évite les impasses et a tendance à se rapprocher de la solution. Il vérifie si la fin du niveau est atteignable (1) à partir de l'état à l'étape n-1 et (2) à partir de l'état généré. Si tel est le cas les longueurs du chemin pour atteindre la fin du niveau (3) à partir de l'état à l'étape n-1 et (4) à partir de l'état généré sont évaluées. Six sous cas peuvent être dégagés :

- Cas d'une progression vers la solution ($1 \ \&\& \ 2 \ \&\& \ 3 < 4$)
- Cas d'une stagnation ($1 \ \&\& \ 2 \ \&\& \ 3 == 4$)
- Cas d'un éloignement de la solution ($1 \ \&\& \ 2 \ \&\& \ 3 > 4$)
- Cas d'une entrée dans une impasse ($1 \ \&\& \ -2$)
- Cas d'une sortie d'une impasse ($-1 \ \&\& \ 2$)
- Cas d'une progression dans une impasse ($-1 \ \&\& \ -2$)

2.2.4.1 Cas d'une progression vers la solution

Dans ce cas-là, le joueur semble suivre un bon schéma de résolution. L'algorithme vérifie alors si l'action jouée est une action experte (1) et si tel n'est pas le cas si l'état généré correspond à un successeur potentiel de l'état à l'étape n-1 (2). En fonction de l'évaluation de ces critères, les labels suivants peuvent être associés à l'action du joueur : **Correcte** (1), **Equivalente** ($-1 \ \&\& \ 2$), **Saut avant** ($-1 \ \&\& \ -2$).

2.2.4.2 Cas d'une stagnation

Dans ce cas le nouvel état généré est à la même distance de la fin du niveau que l'état du monde à l'étape n-1. L'algorithme vérifie si l'ensemble des chemins possible pour atteindre la fin du niveau

sont identiques. Si tel est le cas, l'action du joueur est jugée **Inutile** sinon l'action est jugée **Non optimale**.

Remarque sur le label « Inutile » : Les deux arbres pour atteindre la fin du niveau sont identiques, l'action jouée n'a donc servi à rien. Ce cas se produit notamment lorsque le nouvel état généré est identique à l'état du monde à l'étape n-1.

Remarque sur le label « Non optimale » : Les deux arbres pour atteindre la fin du niveau sont différents, l'action jouée emprunte donc un chemin plus long d'une seule action, ce n'est pas le chemin optimal.

2.2.4.3 Cas d'un éloignement de la solution

Dans ce cas le joueur ne progresse pas vers la solution, nous interrogeons donc l'historique des états rencontrés par le joueur, voir **Cas Historique** (2.2.6.1).

2.2.4.4 Cas d'une entrée dans une impasse

Le joueur joue une action qui l'empêche d'atteindre la solution avec les seules actions de l'expert, l'action est labellisée comme **Erronée**.

2.2.4.5 Cas d'une sortie d'une impasse

Dans ce cas le joueur a repositionné le monde dans un état où avec les seules actions de l'expert il est à nouveau possible d'atteindre la fin du niveau. Nous interrogeons donc l'historique des états rencontrés par le joueur, voir **Cas Historique** (2.2.6.1).

2.2.4.6 Cas d'une progression dans une impasse

Le joueur ne pouvait pas à l'étape n-1 atteindre la fin du niveau avec les seules actions de l'expert et ne le peut toujours pas, voir **Cas Tendance** (2.2.6.2).

2.2.5 Cas d'une progression hors de l'espace filtré

Dans ce cas, le joueur a modifié des parties du monde que l'expert n'avait pas modifié. Ces modifications empêchent de retrouver ces états dans ceux accessibles avec les seules actions de l'expert depuis l'état initial. Toutefois, il convient de vérifier si avec les seules actions de l'expert il est tout de même possible d'atteindre la fin du niveau à partir de l'état du monde courant. A cette étape de la labellisation, l'algorithme réalise donc une copie de l'espace filtré en prenant comme état initial l'état du monde à l'étape n-1. Deux sous cas peuvent alors se produire :

- Le nouvel état généré est inclus dans ce nouvel espace filtré
- Le nouvel état généré n'est pas inclus dans ce nouvel espace filtré

2.2.5.1 Etat généré inclus dans le nouvel espace filtré

A ce niveau de l'analyse, l'état du monde à l'étape n-1 et l'état du monde généré sont tous les deux présents dans le nouvel espace filtré. Nous nous retrouvons donc dans la même situation que le cas 2.2.4 moyennant un espace filtré différent, voir donc Cas d'une progression dans l'espace filtré (2.2.4).

2.2.5.2 Etat généré non inclus dans le nouvel espace filtré

Afin de labelliser l'action en cours, il est nécessaire d'évaluer si la fin du niveau est atteignable à partir de l'état du monde à l'étape n-1 dans ce nouvel espace filtré. Si tel est le cas le joueur utilise

donc forcément une action non experte qui fait sortir l'état du monde de ce nouvel espace filtré, l'action est donc labellisée comme **Erronée**.

En revanche si la fin du niveau n'est pas atteignable à partir de l'état du monde à l'étape n-1 dans ce nouvel espace filtré, l'algorithme cherche à évaluer la tendance de résolution, voir **Cas Tendance** (2.2.6.2).

2.2.6 Cas spécifiques

Les différents cas présentés ci-dessus demandent parfois les mêmes procédures d'analyse. C'est pourquoi ont été créé les deux cas suivants :

- Cas Historique
- Cas Tendance

2.2.6.1 Cas Historique

Le cas Historique est utilisé lorsque nous souhaitons labelliser une action en prenant en compte l'historique des états par lequel est passé le joueur. L'algorithme va chercher à (1) évaluer si l'état du monde généré a déjà été rencontré par le joueur (inclus dans l'historique), (2) calculer la distance du plus court chemin pour atteindre la fin du niveau à partir de l'état du monde généré et (3) calculer la distance minimale du plus court chemin pour atteindre la fin du niveau à partir de chaque état de l'historique. En fonction de l'évaluation de ces critères, les labels suivants peuvent être associés à l'action du joueur : **Rattrapage** ($1 \ \&\& \ 2 == 3$), **Retour arrière** ($1 \ \&\& \ 2 != 3$), **Saut avant** ($-1 \ \&\& \ 2 < 3$), **Non optimal** ($-1 \ \&\& \ 2 >= 3$).

2.2.6.2 Cas Tendance

Le cas Tendance est utilisé lorsque l'atteinte de la fin du niveau est impossible à partir de l'état du monde à l'étape n-1 et à partir de l'état du monde généré. Il est donc impossible de calculer le plus court chemin pour atteindre la fin du niveau à partir de ces états. Dans ce cas l'algorithme cherche à identifier les états du monde les plus similaires de ces deux états inclus dans l'espace filtré et à calculer la distance du plus court chemin pour atteindre la fin du niveau à partir de ces états similaires. Deux critères sont évalués dans ce cas : (1) le plus court chemin pour atteindre la fin du niveau à partir de l'état du monde inclus dans l'espace filtré le plus similaire de l'état du monde à l'étape n-1 et (2) le plus court chemin pour atteindre la fin du niveau à partir de l'état du monde inclus dans l'espace filtré le plus similaire de l'état du monde généré. En fonction de l'évaluation de ces deux critères, les labels suivants peuvent être associés à l'action du joueur : **Rapprochement** ($1 > 2$), **Stagnation** ($1 == 2$), **Eloignement** ($1 < 2$).

2.3 Cas 3 : Gestion des actions manquantes en fin de jeu.

Si la dernière action de la trace n'est pas l'action de fin de niveau, l'algorithme remonte l'historique des états rencontrés par le joueur jusqu'à en trouver un permettant d'atteindre la fin du niveau. Toutes les actions ainsi remontées sont labellisées comme **Mauvais choix** et toutes les actions constituant le plus court chemin pour atteindre la fin du niveau à partir de cet état de l'historique identifié sont labellisées **Manquantes**.

3 Illustration des situations d'identification des labels

Afin d'illustrer graphiquement la labellisation des actions, nous utilisons des représentations telle qu'illustrées dans la Figure 2. Le point violet représente l'état du monde lors de l'initialisation du niveau. Les points rouges représentent les états du monde générés suite à la réalisation d'une action de fin de niveau. Le point blanc cerclé de noir représente l'état du monde à l'étape n-1. Le point jaune représente l'état du monde généré (étape n). L'espace vert représente l'espace filtré à savoir l'ensemble des états du monde accessibles à partir d'un état donné en ne considérant que les seules actions de l'expert. L'espace bleu représente l'ensemble des états du monde accessibles à partir de l'état initial en considérant toutes les actions réalisables par le joueur. L'espace orange représente l'ensemble des états « impasse » à savoir les états à partir desquels il n'est plus possible d'atteindre la fin du niveau avec les seules actions de l'expert. L'espace orange est un sous espace de l'espace filtré (vert). Le plus court chemin (s'il existe) entre un état quelconque de la simulation et un état du monde généré suite à la réalisation d'une action de fin de niveau est représenté par une ligne pointillée. La longueur du chemin est abstraite par une lettre à proximité de la ligne pointillée.

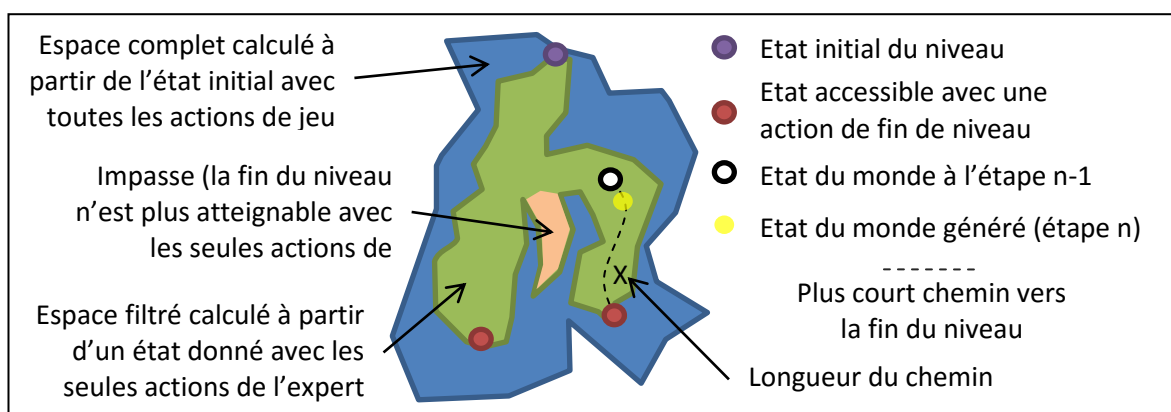


Figure 2 : Définition des éléments graphiques récurrents

3.1 Label Correcte

Le label Correcte peut être identifié dans le Cas particulier de l'action de fin de niveau (2.2.1) et dans le Cas d'une progression vers la solution (2.2.4.1). La Figure 3 illustre la détection du label Correcte.

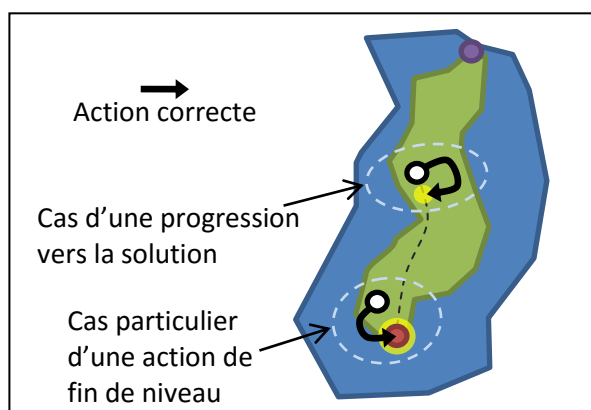


Figure 3 : Labellisation Correcte

3.2 Label Equivalente

Le label Equivalente peut être identifié dans le Cas d'une progression vers la solution (2.2.4.1).

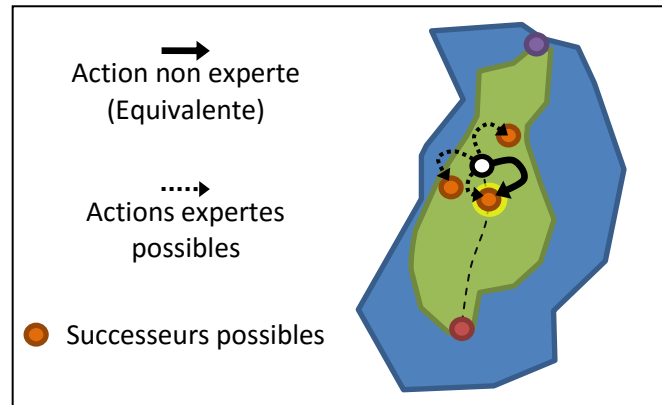


Figure 4 : Labellisation Equivalente

3.3 Label Saut avant

Le label Saut avant peut être identifié dans le Cas d'une progression vers la solution (2.2.4.1) et dans le Cas Historique (2.2.6.1).

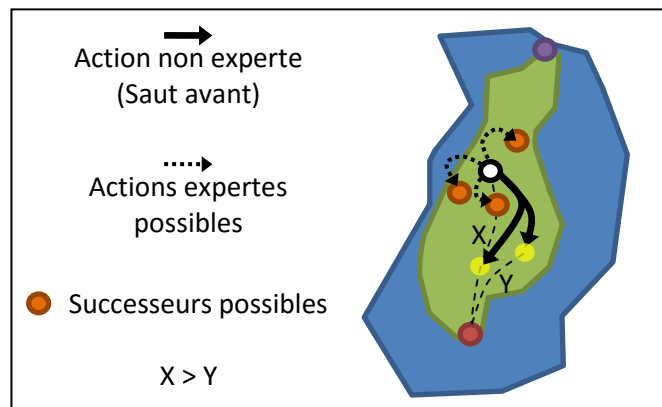


Figure 5 : Labellisation Saut avant (Cas d'une progression vers la solution)

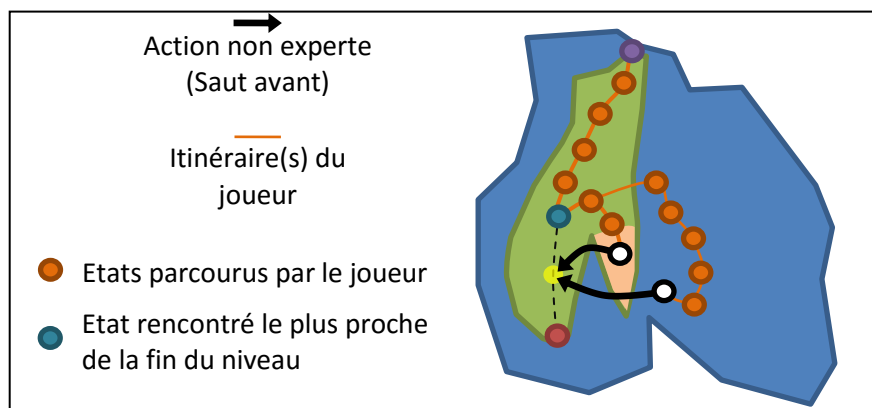


Figure 6 : Labellisation Saut avant (Cas Historique)

3.4 Label Rattrapage

Le label Rattrapage peut être identifié dans le Cas Historique (2.2.6.1).

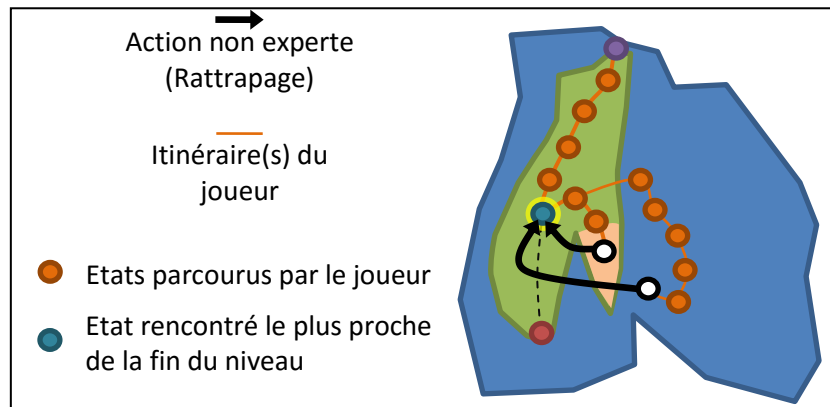


Figure 7 : Labellisation Rattrapage

3.5 Label Non optimale

Le label Non optimale peut être identifié dans le Cas d'une stagnation (2.2.4.2) et dans le Cas Historique (2.2.6.1).

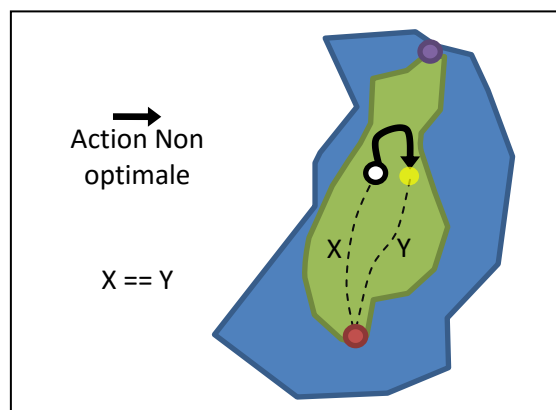


Figure 8 : Labellisation Non optimale (Cas d'une stagnation)

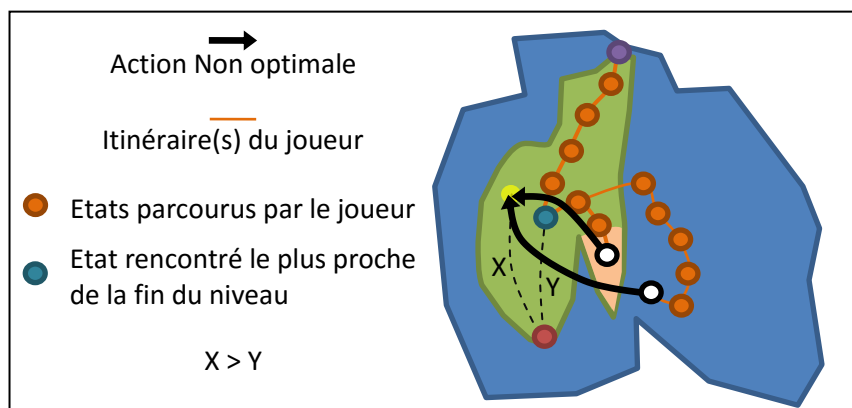


Figure 9 : Labellisation Non optimale (Cas Historique)

3.6 Label Stagnation

Le label Stagnation peut être identifié dans le Cas Tendance (2.2.6.2).

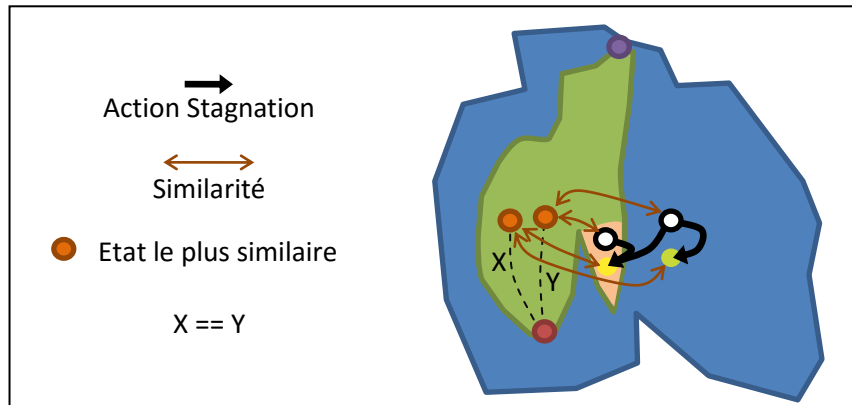


Figure 10 : Labellisation Stagnation

3.7 Label Retour arrière

Le label Retour arrière peut être identifié dans le Cas Historique (2.2.6.1).

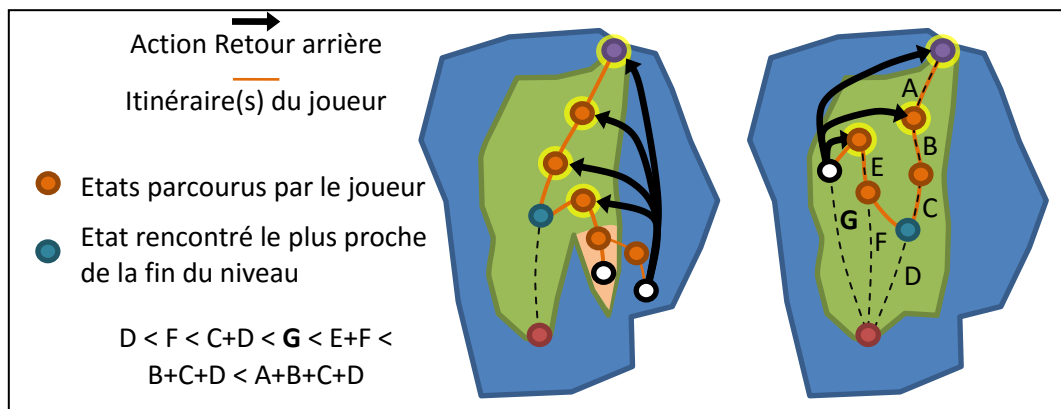


Figure 11 : Labellisation Retour arrière

3.8 Label Rapprochement

Le label Rapprochement peut être identifié dans le Cas Tendance (2.2.6.2).

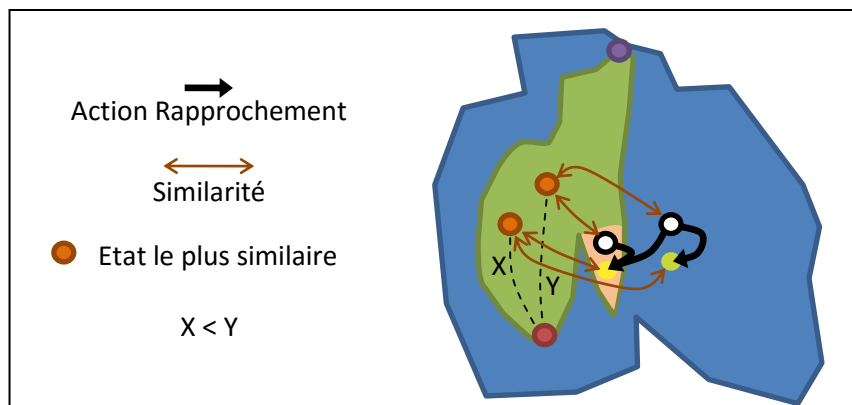


Figure 12 : Labellisation Rapprochement

3.9 Label Inutile

Le label Inutile peut être identifié dans le Cas d'une stagnation (2.2.4.2).

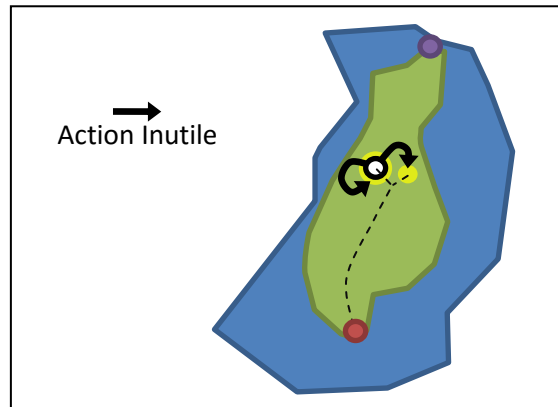


Figure 13 : Labellisation Inutile

3.10 Label Eloignement

Le label Eloignement peut être identifié dans le Cas Tendance (2.2.6.2).

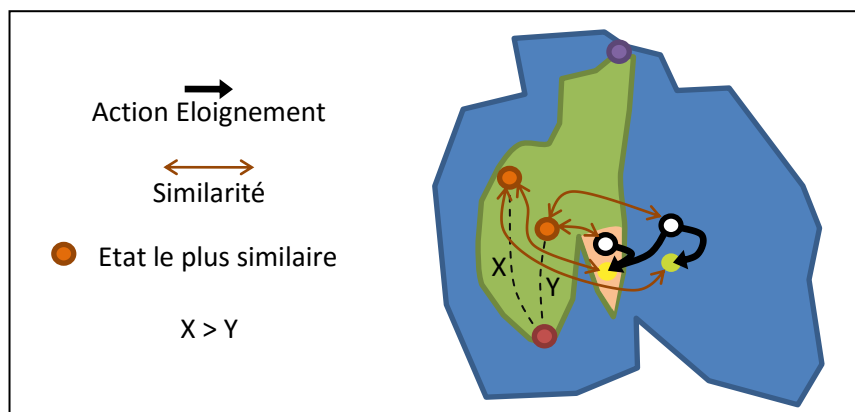


Figure 14 : Labellisation Eloignement

3.11 Label Erronée

Le label Erronée peut être identifié dans le Cas d'une sortie de l'espace filtré (2.2.3) et dans le Cas d'une entrée dans une impasse (2.2.4.4).

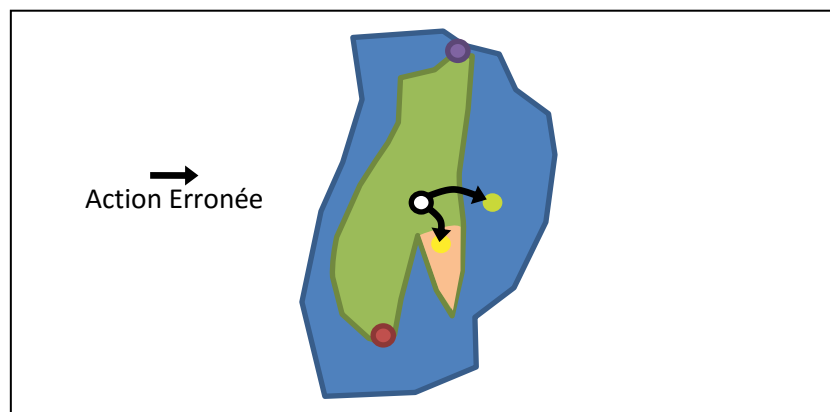


Figure 15 : Labellisation Erronée