

Une architecture à tableau noir pour la détection et le suivi d'une personne

A blackboard architecture for the detection and tracking of a person

C. Leignel¹

J.E. Viallet¹

¹ France Telecom Recherche et Developpement

Technopole Anticipa, 2 Avenue Pierre Marzin 22307, LANNION CEDEX France

christine.leignel@rd.francetelecom.com

jeanemmanuel.viallet@rd.francetelecom.com

Résumé

Ce papier décrit un système d'intelligence artificielle dont l'objectif est de détecter et suivre une personne en temps réel dans une scène naturelle, acquise avec une seule caméra couleur. Ce système de description de scène utilise une structure hiérarchique. Au sommet de la hiérarchie se trouve une stratégie qui contrôle des tâches qui à leur tour activent des spécialistes par une approche opportuniste. Chacun de ces niveaux possède son propre tableau noir afin de hiérarchiser les données et d'augmenter progressivement l'intelligence du système. Ce système permet de détecter la partie supérieure du corps mais peut être étendu au corps dans sa globalité.

Mots Clef

Intelligence artificielle, détection, suivi, modèle du corps, tableau noir, stratégie, tâche, spécialiste, opportuniste, élément, hypothèse, membre supérieur complet.

Abstract

This paper describes an artificial intelligent system which objective is to detect and track a person in real time into a natural scene, with a single color camera. This system of scene description uses a hierarchical structure. On the top of the hierarchy, a strategy controls tasks that activate specialists in an opportunist approach. Each level has his own blackboard in order to hierarchies the data and to increase gradually the system intelligence. This system permits to detect the upper body of a person but can be extended to the whole body.

Keywords

Artificial intelligence, detection, tracking, body model, blackboard, strategy, task, specialist, opportunist, element, hypothesis, complete superior member.

1 Introduction

Dans le contexte de développement des interfaces homme machine (visioconférences, environnement virtuel collaboratif, applications multimodales), il est utile de reconstituer les gestes de l'utilisateur via l'animation d'un clone ou d'un avatar. L'animation d'un clone synthétique nécessite l'analyse des mouvements afin de restituer les gestes par cinématique inverse. Nous cherchons donc à détecter et suivre une personne par ses déplacements et son corps [TAM 01].

Dans cet objectif, nous présentons un système pour la détection et le suivi de personnes en temps réel dans une séquence d'image obtenue avec une seule caméra. Le processus de détection de personnes s'appuie sur la recherche dans une image des différentes parties du corps (bras, mains, épaules, buste, etc.), en utilisant des traitements spécifiques pour chacune d'elles.

Le système présenté a pour mission de décrire le corps entier. Dans cet article, nous nous limitons à la partie supérieure du corps. Néanmoins le bas du corps peut être détecté de manière analogue. Le modèle adopté est composé de bâtonnets pour les bras et avant-bras, de carrés pour les mains et d'un rectangle pour le buste.

Afin d'obtenir un corps complet le mieux adapté à la réalité, c'est-à-dire de manière à faire correspondre au mieux le modèle de bâtonnets à la personne présente dans la scène, notre système est fondé sur une architecture faisant coopérer diverses sources de connaissances allant des traitements images à des informations a priori sur les relations entre les membres du corps humain. Les sources de connaissance communiquent à travers des tableaux noirs [PEN 86b] et coopèrent de façon opportuniste, c'est-à-dire en fonction des résultats courants présents dans le tableau noir à chaque instant. La modularité des sources autorise l'extension de l'architecture à d'autres sources sans modifier l'existant.

Les sources de connaissance et les tableaux noirs sont organisés de façon hiérarchique, à la façon du tableau noir ATOME [LAA 89].

Des systèmes à tableau noir existent déjà pour la reconnaissance de la parole et en vision par ordinateur.

Le système à tableau noir HEARSAY II décrit par LESSER reconstruit les syllabes à partir des phonèmes et remonte ainsi jusqu'à la phrase [LES 88]. Le système de vision par ordinateur VISIONS analyse une scène grâce à l'interprétation de sources de connaissances conjointes conduisant à la traduction de segments en objets et d'objets en scènes [HAN 78]. Notre système en diffère par son application et par la structure hiérarchique de ses tableaux noirs leur autorisant une certaine intelligence.

La seconde section s'attache à décrire le système d'intelligence artificielle. La structure hiérarchique utilisée est explicitée en section 3. En section 4, les règles régissant le fonctionnement de cette structure hiérarchique seront présentées et, en section 5 seront montrés quelques résultats.

2 Le système d'intelligence artificielle hiérarchisé

2.1 L'architecture globale des sources de connaissance

Ce système, décrit sur la figure 1, se compose de trois niveaux de sources de connaissance :

- Un niveau bas, regroupant des spécialistes;
- Un niveau intermédiaire, composé de tâches;
- Un niveau haut constitué par la stratégie.

Les spécialistes, présentés plus en détail au paragraphe 3.1, opèrent sur les pixels et proposent des solutions possibles pour la localisation d'un élément, une main, un avant-bras, un bras. Chacun d'eux constitue une hypothèse de nature distincte. Les tâches traitent les résultats fournis par les spécialistes, pour formuler de nouvelles hypothèses. La tâche bras, par exemple, propose ainsi une hypothèse de l'existence d'un membre supérieur complet, désigné également membre bras, comprenant exactement une épaule, un bras, un avant-bras et une main.

La stratégie, quant à elle, réunit les résultats des différentes tâches pour engendrer le corps entier. Il s'agit en fait d'un ensemble de règles (cf. § 4) permettant, par exemple, de ne conserver que deux membres supérieurs complets par personne.

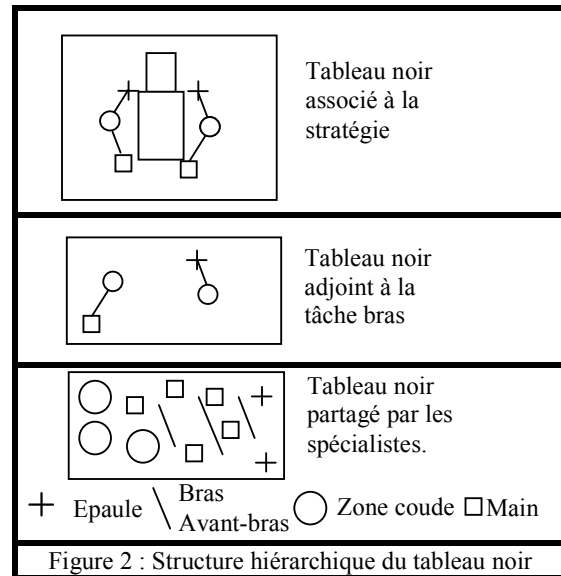
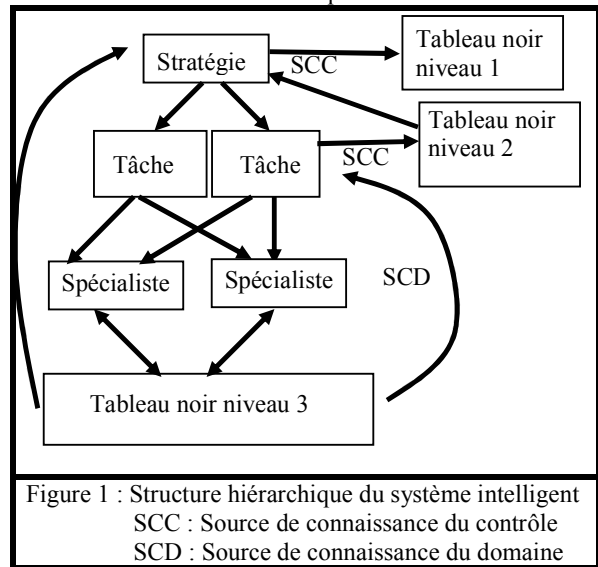
Comme nous le verrons (cf. § 2.2), les spécialistes ne sont pas indépendants et ils communiquent entre eux à l'aide du tableau noir de niveau 3 (cf. figure 1). Ce tableau contient les résultats des différents spécialistes qui sont remis à jour à chaque traitement. Signalons par ailleurs que chaque niveau possède son propre tableau noir (cf. figures 1 et 2), et que les flèches donnent le sens de circulation des données (cf. figure 1). Chacun des tableaux noirs possède sa propre intelligence en fonction de son niveau dans la structure du système. Par exemple, le tableau noir de la tâche bras contient les membres supérieurs complets.

La stratégie active différentes tâches, et les tâches activent un ou plusieurs spécialistes de traitement. Comme plusieurs tâches ou plusieurs spécialistes

peuvent être activés simultanément, il est nécessaire d'utiliser une structure de contrôle opportuniste. La structure opportuniste permet d'arbitrer les conflits éventuels, et de lancer tel ou tel module de niveau inférieur en fonction des résultats partiels contenus, au même instant, dans le tableau noir de son niveau.

La stratégie et les tâches sont des sources de connaissance de contrôle, les spécialistes sont des sources de connaissance du domaine.

Dans une architecture à tableau noir, toutes les sources de connaissances spécialistes et tâches sont activées en même temps jusqu'à trouver une hypothèse valide. Dans notre cas, afin d'accéder au temps réel, les sources de connaissances sont activées séquentiellement.



2.2 L'architecture globale des tableaux noirs

En s'appuyant sur la structure hiérarchique que nous venons de décrire, nous avons le tableau noir de niveau

bas (cf. figure 2) qui contient les hypothèses mains, avant-bras, bras, et épaules. Au niveau des tâches, le tableau noir effectue une interprétation sémantique des hypothèses produites par les spécialistes. La main est associée à l'avant-bras correspondant, l'avant-bras au bras, etc. (cf. figure 2). Le tableau noir de la stratégie (cf. figure 2) fait le regroupement au niveau supérieur en vue de la construction de la partie supérieure du corps (deux membres supérieurs complets, une tête et un buste). Les trois tableaux noirs hiérarchisés communiquent entre eux par l'intermédiaire des tâches et de la stratégie (cf. figure 1). En outre, afin que le critère d'association ne soit pas trop sévère, des zones coude et des zones épaule sont définies : Les hypothèses qui entrent dans cette zone sont acceptables.

3 La structure hiérarchique

Cette structure globale décrite, nous allons dans les paragraphes suivants, expliciter plus en détail le fonctionnement des spécialistes, des tâches et de la stratégie.

3.1 Les spécialistes

Situés au niveau bas, deux types de spécialistes sont à considérer : Des spécialistes de type 1 (masque de non-fond, masque de teinte chair, masque intersection, détecteur de contours) et des spécialistes de type 2 (détection de visage par réseau de neurone, transformée de Hough). Les résultats des premiers sont utilisés par les autres.

3.1.1 Spécialiste masque fond et teinte chair

Ce spécialiste fournit un masque de non fond et teinte chair de type 1. Après enregistrement de l'image initiale (les images sont acquises au format YUV) où personne ne se trouve dans le champ de la caméra, par simple soustraction, le masque de non-fond informe des pixels constituant la personne qui entre dans le champ. Le masque de teinte chair désigne les pixels de teinte chair définie à priori à l'aide d'une table de teinte chair. Un troisième masque, dit d'intersection, détermine les pixels appartenant à la personne et qui sont de teinte chair. Ces masques sont utilisés par les différents autres spécialistes et c'est pourquoi ils sont mémorisés dans le tableau noir.

3.1.2 Spécialiste de détection de la tête

Sur une image initiale, le visage est repéré grâce à un détecteur par réseau de neurones [FER 01] qui détermine un cadre. Par la suite, sous l'hypothèse que le visage est elliptique, il est suivi et localisé plus précisément, autour du cadre trouvé par le détecteur, par une transformée de Hough elliptique [LEA 93], floue [LEI 03] plus rapide que le détecteur de visage.

3.1.3 Spécialiste de détection des bras

Comme nous l'avons précisé en introduction, les bras et avant-bras sont modélisés par des segments de droite.

Le détecteur de Shen-Castan [SHE 86] détermine les contours de l'image. Dans le masque de non-fond, l'image est découpée en sous-images, et pour chacune d'elles une direction principale est obtenue à l'aide d'une moyenne robuste sur les gradients, afin de ne conserver que les contours nécessaires. La transformée de Hough droite, calculée sur l'image des directions principales, permet de retrouver les droites de l'image initiale formant des hypothèses de bras ou d'avant-bras [DUD 72].

Lors de la recherche d'un élément (bras, avant-bras), seules les droites passant au voisinage d'un point initial (épaule, coude, main) sont prises en compte. Trois hypothèses sont produites pour chaque bras et chaque avant-bras par transformée de Hough droite. Ce nombre est limité à trois afin de restreindre le nombre d'hypothèses, mais il est possible d'en rechercher une ou plusieurs.

3.1.4 Spécialiste de détection des mains

Sous l'hypothèse que le dos des mains est de même teinte que le visage, et que la personne n'ait pas les bras nus, nous utilisons l'histogramme du visage pour détecter les mains. Nous calculons l'histogramme $h(u(i), v(i))$, sur les composantes u et v des pixels i de teinte chair (image YUV), dans la zone définie par le détecteur de visage, et nous le comparons au contenu colorimétrique des blocs carrés modélisant les mains. L'image de probabilité est obtenue par l'équation (1) :

$$P(u, v) = \frac{h(u(i), v(i))}{\sum_{(u, v)} h(u(i), v(i))} \quad (1)$$

Cette probabilité définie, pour chacun des blocs carrés, une valeur de confiance

Deux spécialistes sont basés sur la comparaison d'histogramme :

- Le spécialiste hypothèse main recherche des blocs similaires au visage dans toute l'image, et valide des hypothèses en fonction d'un seuil de détection;
- Le spécialiste vérification main contrôle l'existence d'une hypothèse main, avec le même seuil de détection, en bout d'avant-bras une fois celui-ci détecté.

3.1.5 Conclusion

Les épaules sont localisées à partir de la tête à l'aide des données anthropométriques [WIN 79], lorsque la personne se trouve face à la caméra.

Les tâches utilisent et structurent les résultats générés par les spécialistes et stockés dans le tableau noir de niveau 3.

3.2 Les tâches

Deux tâches sont définies :

- La tâche buste dont l'objectif est de trouver le buste
- La tâche bras qui a pour mission de constituer un seul membre supérieur complet.

Le problème est plus complexe dans le cas de la détection et du suivi de plusieurs personnes.

En se limitant à une seule personne, la tâche de recherche du buste utilise de la connaissance à priori, appelée mémoire à long terme dans VISIONS, à opposer à la mémoire à court terme des spécialistes. Le buste se trouve entre deux lignes parallèles verticales partant des épaules et sous la tête. Cette connaissance du buste est importante pour régler les cas d'occultations. Connaissant la position du buste, si un membre supérieur complet est introuvable sur une image, il est possible qu'il soit caché en partie par le buste.

En établissant la correspondance entre les éléments constituant le bras (cf. figure 2), la tâche bras vérifie l'existence d'un membre supérieur complet à chaque activation d'un spécialiste. Pour cela, il faut au minimum quatre éléments de nature distincte dans le tableau noir. A la fin de tous les traitements, il s'agit de sélectionner un unique membre supérieur complet parmi toutes les hypothèses.

Pour cela, trois zones sont associées aux trois articulations des quatre éléments distincts constituant le membre supérieur complet : une zone épaule, une zone coude et une zone poignet.

Chacune d'elles donne lieu à une distance acceptable entre deux éléments en pourcentage de la taille de l'un et l'autre, autrement dit à un facteur de confiance. Un élément, à distance nulle de l'élément qui l'articule, possède une confiance maximale. A l'inverse un élément, qui ne tombe pas dans la zone admissible de l'articulation, a une confiance égale à zéro.

En outre, chaque élément est affecté d'un facteur de confiance, obtenu pour les bras ou avant-bras en fonction du maximum de la transformée de Hough droite, pour les mains en fonction de la comparaison d'histogrammes. Les épaules possèdent un facteur de confiance grand dans la mesure où la tête est positionnée avec certitude.

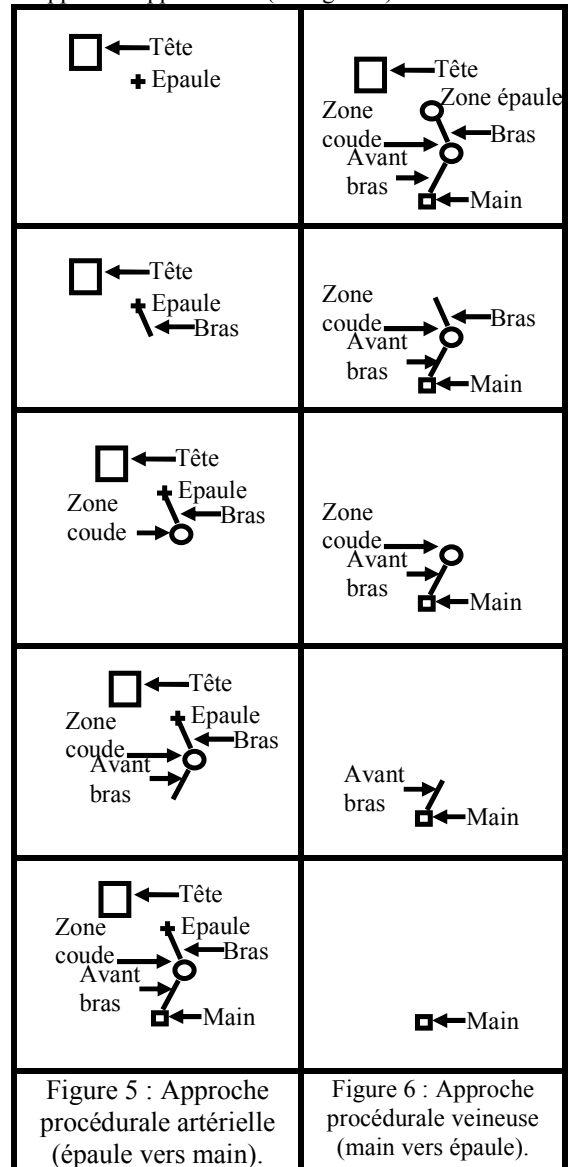
Reste donc à fusionner toutes ces informations pour accorder un coefficient global pour le membre supérieur complet, permettant le choix de l'hypothèse la plus probable dans le cas de plusieurs solutions.

La classification gauche/droite des éléments du corps ne s'effectue pas à priori. Les hypothèses élémentaires générées par le système sont dites "neutres". Seules les épaules ne le sont pas, car par rapport à la position du visage, elles sont connues comme étant gauche ou droite. Ce sont elles qui permettent d'étiqueter tous les éléments lors de l'agrégation des éléments en membres supérieurs complets. Par exemple, un membre supérieur complet dont l'épaule est gauche est labellisé gauche : Le bras, l'avant-bras et la main sont gauche. Cet étiquetage permet de suivre chacun des éléments lors du déplacement de la personne.

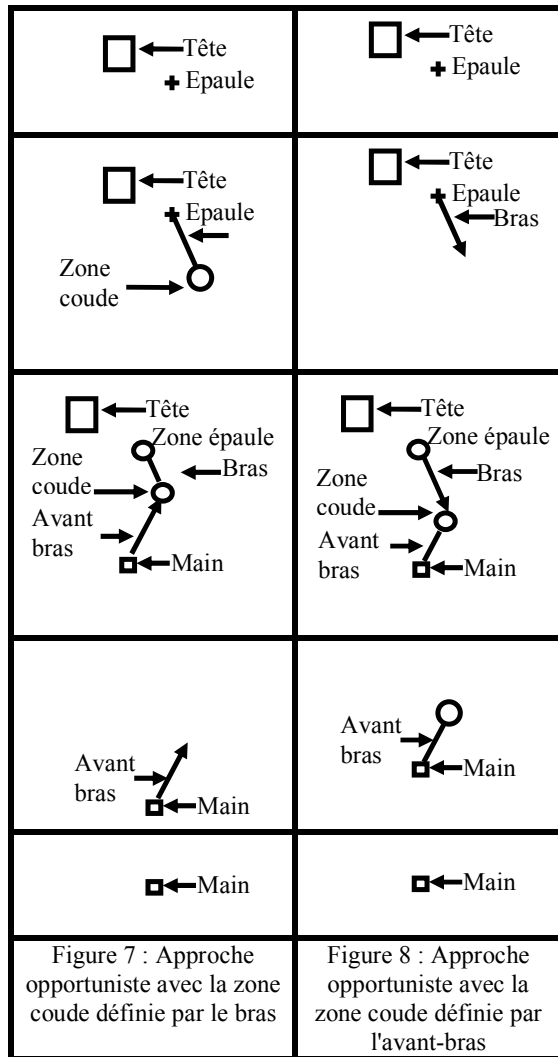
La technique est la même pour plusieurs personnes. En effet, la hiérarchisation du système permet aussi bien d'associer les éléments du corps à chaque personne, que de différencier les membres de plusieurs personnes. Par exemple, si deux personnes se tiennent par la main, le système sait les distinguer. En effet, chacune des mains se situe à l'extrémité de deux membres supérieurs complets différents, dont les épaules sont localisées à priori, grâce aux deux visages détectés. L'épaule gauche pour une personne conduit à une main gauche, et l'épaule droite pour l'autre personne conduit à une main droite.

3.3 L'approche opportuniste de la tâche bras

Trois approches sont possibles : L'approche épaule vers main (artérielle), l'approche main vers épaule (veineuse) et l'approche opportuniste (cf. figure 4).



Dans l'approche procédurale artérielle (cf. figure 5), à partir d'une zone autour des épaules, nous examinons les hypothèses de bras jusqu'aux coudes par transformée de Hough droite. Les coudes sont placés grâce aux données anthropométriques donnant la longueur du segment bras, en faisant l'hypothèse que les bras sont dans le plan de l'image. De la même façon, dans une zone autour du coude, les différentes hypothèses d'avant-bras sont déduites des hypothèses précédentes de bras par transformée de Hough droite. La longueur du segment d'avant-bras permet de trouver l'extrémité de celui-ci. La tâche membre bras a donc permis la construction d'un arbre d'hypothèses distinctes de membre bras (différents coudes et associés à chacun, différents avant-bras) pour arriver jusqu'aux extrémités. Chacune d'elles est vérifiée grâce au module de vérification main par mesure d'un facteur de confiance, avec l'histogramme de teinte chair calculé sur le visage, dans une zone autour de l'extrémité du bras.



L'approche procédurale veineuse (cf. figure 6) part des hypothèses mains et remonte jusqu'aux épaules. L'histogramme calculé sur le visage guide la recherche

des zones possibles d'hypothèses mains dans toute l'image. Chacune d'elles définit une zone dans laquelle nous étudions les différentes hypothèses d'avant-bras par transformée de Hough droite sur l'image des gradients, et par la même technique nous pouvons remonter jusqu'aux différentes hypothèses de bras et donc d'épaules.

Le problème des approches veineuse et artérielle est qu'il n'est pas possible de savoir a priori laquelle est la plus appropriée. Il n'y a donc pas d'approche universelle veineuse ou artérielle, d'où la nécessité d'une approche opportuniste (cf. figures 7 et 8). Dans l'approche opportuniste, toutes les hypothèses sont explorées récursivement (épaule, bras, avant-bras, main) en incluant l'approche veineuse et artérielle.

La stratégie élabore une hypothèse de la partie supérieure du corps en supposant deux membres supérieurs complets reliés par deux épaules fixées à partir de la tête, et un buste (cf. figure 2).

3.4 La stratégie

Notre système est constitué de deux stratégies :

- Une stratégie positionne la tête;
- Une stratégie recherche le reste du corps.

La stratégie de recherche de la tête appartient à l'architecture générale malgré sa particularité procédurale.

Une fois l'ellipse du visage positionnée, la stratégie de recherche du reste du corps est activée en lançant la tâche membre supérieure complet et la tâche buste.

4 Les règles

Les spécialistes sont activés de manière opportuniste : La tâche bras lance tel ou tel spécialiste en fonction du contenu du tableau noir. En l'état actuel, le fonctionnement de notre système consiste à activer toutes les règles jusqu'à ce que plus aucune ne puisse être activée.

4.1 Les règles de création d'éléments

Les règles sont sous forme condition/action. Une action est composée de l'activation d'un spécialiste. La condition recherche dans le tableau noir de niveau bas l'élément nécessaire pour qu'une action soit activée. Si la condition n'est pas vérifiée, l'action ne s'active pas.

Les règles et leur condition associée sont les suivantes (cf. tableaux 1 et 2) :

Elément	Epaule	Coude
Condition	Recherche d'une épaule	Recherche d'un bras ou d'un avant-bras
Action	Création des bras à partir de l'épaule	Création des bras à partir d'un avant-bras ou des avant-bras à partir d'un bras
Tableau 1 : Condition/Action pour l'épaule et le coude		

Elément	Main veineuse (main->épaule)	Main artérielle (épaule->main)
Condition	Recherche d'une main	Recherche d'un avant-bras
Action	Création des avant-bras à partir de la main	Vérification de la validité d'une main à l'extrémité de l'avant-bras

Tableau 2 : Condition/Action pour la main veineuse et artérielle

Toutes les règles sont activées "simultanément", et le système s'arrête lorsque plus aucune règle n'est activable, c'est-à-dire qu'il n'y a plus d'élément dans le tableau noir qui puisse générer de nouvelles hypothèses.

Une autre méthode consiste à utiliser des métarègles, c'est-à-dire des règles sur les règles qui vont décider de lancer un spécialiste en fonction des résultats du tableau noir. Par exemple, si pour constituer un membre supérieur complet, il manque un avant-bras, l'action coude (cf. tableau 1) ou l'action main artérielle (cf. tableau 2) produit des avant-bras. Il incombe alors à la tâche bras de vérifier les hypothèses de membres supérieurs complets.

Outre les règles de création d'élément, il faut également des règles d'élimination (§ 4.2) afin de ne garder qu'une seule hypothèse par membre supérieur complet.

4.2 Les règles d'élimination d'éléments

Les règles d'élimination d'hypothèses sont des règles d'interpréteur car sans elles nous aurions une multitude de membres supérieurs complets possible (fonction du nombre d'hypothèses pour la transformée de Hough droite et du nombre d'hypothèses mains). Un corps ayant deux membres supérieurs complets uniquement, il faut choisir un membre supérieur complet pour le côté droit et un membre supérieur complet pour le côté gauche.

Les règles appliquées sont de deux types, logiques (cf. figure 3), et anthropomorphiques. Les cinq règles logiques sont décrites ci-dessous.

Un avant-bras peut être généré soit par une main soit par un bras. S'il est engendré par un bras, il ne peut à son tour produire un autre bras, sinon un avant-bras serait relié à deux bras à chacune de ses extrémités.

S'il est généré par une main, il ne peut fabriquer une autre main, sinon un avant-bras serait relié à deux mains, de part et d'autre de ses extrémités.

Un bras provient d'une épaule ou d'un avant-bras. Dans ce second cas, le bras ne peut à son tour perpétrer un autre avant-bras, sinon il serait lié à deux avant-bras, au niveau de l'épaule, et du coude.

- Règle 1 (cf. figure 3) : Un avant-bras ne peut créer de bras que s'il est lui-même issu d'une main;

- Règle 2 (cf. figure 3) : Un bras ne peut produire un avant-bras que s'il provient d'une épaule;

- Règle 3 (cf. figure 3) : Un avant-bras ne peut produire une main que s'il résulte d'un bras.

- Règle 4 (cf. figure 3) : Si une main se trouve entre le début et la fin de l'avant-bras, c'est que, dans le cas d'un seul membre supérieur complet, l'hypothèse de main est incorrecte. Cela est faux avec les deux membres supérieurs complets car la main pourrait provenir de l'autre membre bras.

- Règle 5 : Les hypothèses de bras/avant-bras, devant le visage, sont éliminées. En effet dans le cadre de la visioconférence, il est fréquent qu'une main soit sur le visage mais pas un bras.

En plus des règles de bon sens, nous pouvons également introduire des règles concernant les données anthropomorphiques sur les angles d'articulations de l'épaule, du coude et du poignet.

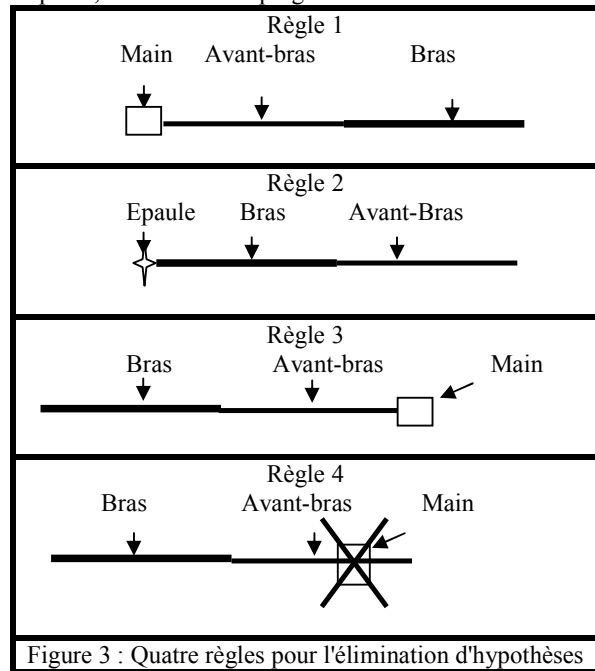


Figure 3 : Quatre règles pour l'élimination d'hypothèses

5 Résultats

Nous présentons quelques résultats sur deux images afin d'illustrer l'effet du nombre de droites recherchées par transformée de Hough droite (cf. § 3.1.3) et de la taille de la zone coude (cf. § 3.2). Les segments représentés en gris sont des hypothèses de bras ou d'avant-bras. Les carrés noirs symbolisent des mains. Les membres supérieurs complets sont représentés en noir sur l'image des gradients, et en blanc sur la personne.

L'approche épaule vers main sur l'image 1 (figure 9) met en évidence deux membres supérieurs complets à droite, et deux membres supérieurs complets à gauche, dont un seul correspond à la réalité. Mais cette approche ne conduit pas sur l'image 2 à un membre supérieur complet à droite et à gauche.

Dans la figure 10, l'approche main vers épaule ne se traduit pas par la génération d'un membre supérieur complet à gauche. Bien qu'un membre supérieur complet droit ait été créé, cette approche est insuffisante pour cette image, ce qui justifie l'utilité de l'approche opportuniste.

Pour la clarté des images, le contrôle opportuniste a été arrêté lorsqu'un membre supérieur est obtenu à droite et à gauche, bien qu'il restait des règles activables. Deux tailles différentes pour la zone coude, et une H_1 , deux H_2 , ou trois hypothèses de droites H_3 obtenues par transformée de Hough droite ont été testées. Les deux tailles différentes pour la zone coude sont $Z_1=10$ et $Z_2=20$.

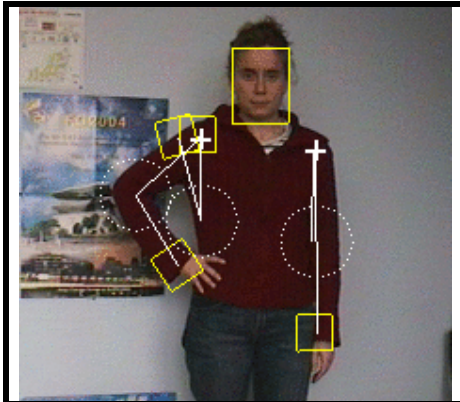


Figure 9 Image 1 : Approche épaule vers main (+ épaule, / bras et avant-bras, □ main et ○ coude)
Conditions expérimentales : H_2 , Z_2 .

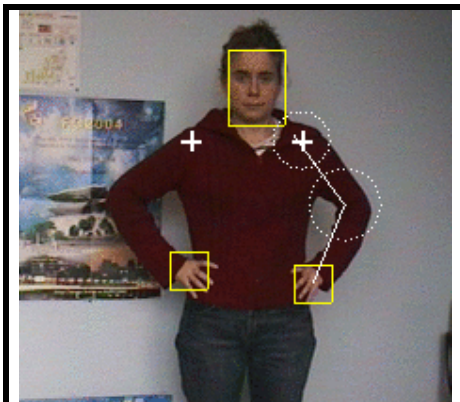


Figure 10 Image 2 : Approche main vers épaule.
Conditions expérimentales : H_2 , Z_2 .

Deux postures différentes (image 1 et image 2) sont étudiées avec l'approche opportuniste. Les figures 11 et 13 présentent les résultats des bras, avant-bras, mains, membres supérieurs complets, sur l'image des gradients. Les figures 12 et 14 correspondent aux images 1 et 2, sur lesquelles on incruste les membres supérieurs complets seuls.

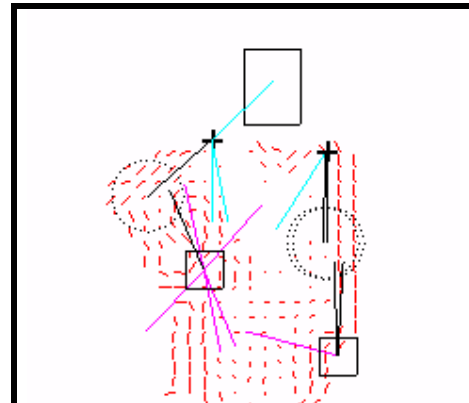


Figure 11 Image 1 : Image des gradients et incrustation des éléments et membres supérieurs complets.
Conditions expérimentales : H_3 , Z_2 .

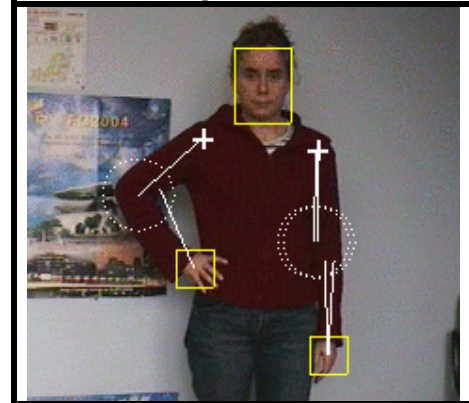


Figure 12 Image 1 : Membres supérieurs complets.
Conditions expérimentales : H_3 , Z_2 .

Sur la figure 12, nous obtenons quatre membres supérieurs complets à droite se jouxtant, et un membre supérieur complet à gauche.

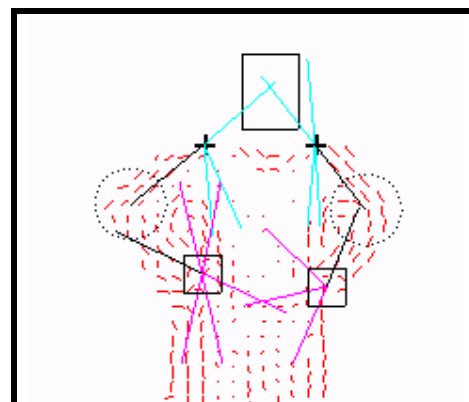


Figure 13 Image 2 : Image des gradients et incrustation des éléments et membres supérieurs complets.
Conditions expérimentales : H_3 , Z_2 .

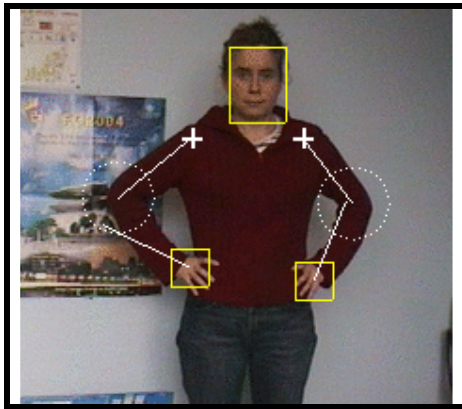


Figure 14 Image 2 : Membres supérieurs complets.

Conditions expérimentales : H_3 , Z_2 .

La figure 14 montre un membre supérieur complet à droite et un membre supérieur complet à gauche.

Paramètres de l'expérience	Image 1		Image 2	
	#MSG	#MSD	#MSG	#MSD
H_3 , Z_2	1	4	1	1
H_3 , Z_1	0	0	0	1
H_2 , Z_2	0	4	0	1
H_1 , Z_2	0	1	0	1

Tableau 3 : Approche opportuniste, Nombre de membres supérieurs à droite (#MSD) et à gauche (#MSG) sur les images 1 et 2 en fonction du nombre de droites recherchées (H_1 à H_3) et du rayon du coude ($Z_1=10$, $Z_2=20$).

Le tableau 3 révèle l'influence de la taille de coude et nombre de droites sélectionnées par transformée de Hough droite, sur le nombre de membres supérieurs à droite et à gauche obtenus. Un rayon coude trop faible ne permet pas de constituer les deux membres supérieurs complets. Un faible nombre d'hypothèses sélectionnées par transformée de Hough droite réduit également le nombre de membres supérieurs complets. On constate que les quatre MSD observés pour l'image 1 sous les conditions H_3 , Z_2 sont pratiquement les mêmes; les conditions H_3 , Z_2 aboutissent à un bras complet à gauche et à droite pour les deux postures étudiées.

6 Conclusion

Le modèle de tableau noir autorise la collaboration de différentes sources de connaissance de façon opportuniste. Les hypothèses du tableau noir de niveau 3 sont explorées récursivement pour détecter les avant-bras, les bras, les mains. Outre l'organisation de la structure globale du système en couches, chacun des niveaux possède son propre tableau noir muni d'une intelligence hiérarchisée. La tâche bras a pour objectif la création d'un membre supérieur complet. Le buste utilise une connaissance à priori et ne se sert pas des

spécialistes de l'architecture. La stratégie regroupe deux membres supérieurs complets, le buste et la tête pour constituer la partie supérieure du corps.

La prise en compte des contraintes biomécaniques ainsi que l'attribution d'un facteur de confiance à chacune des hypothèses devrait permettre l'élimination des membres supérieurs complets incorrects.

Il est possible d'étendre le système au corps entier, en considérant les éléments de la partie inférieure du corps par similitude :

- Epaule/hanche;
- Cuisse/bras;
- Mollet/avant-bras;
- Main/pied.
- membre supérieur complet/ membre inférieur complet.

De plus, la structure par tableau noir hiérarchique permet de rendre générique le suivi de personne, à une ou plusieurs personnes, grâce au maintien des hypothèses de différents niveaux (élément par élément, membre supérieur complet, corps entier).

L'étape de suivi s'effectuera à l'aide d'un blockmatching par élément (bras/avant-bras/etc.) afin de tenir compte du contenu sémantique. Le raisonnement temporel permettra de lever les ambiguïtés sur l'image courante en prenant en compte les images passées dans le cas de plusieurs hypothèses possibles ou bien de plusieurs hypothèses incomplètes.

Des travaux futurs traiteront des règles d'élimination d'hypothèses au niveau de la stratégie, et de l'addition de métarègles pour sélectionner la règle, c'est-à-dire le spécialiste à activer.

Bibliographie

- [DUD 72] R.O.DUDA, P.E.HART, "Using the Hough transforms to detect lines and curves in pictures", *Comm. Of the ACM*, Vol. 15, N° 1, pp. 11-15, 1972.
- [FER 01] R.FERAUD, O.BERNIER, J.E.VIALLET, M.COLLOBERT, "A fast and accurate face detector based on neural networks", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 23, pp. 42-53, 2001.
- [HAN 78] Allen R.HANSON, Edward M.RISEMAN, "VISIONS: A Computer System for interpreting Scenes", *COMPUTER VISION SYSTEMS*, 1978.
- [HAN 85] Jean-Paul HATON, "Synthèse : Intelligence artificielle en compréhension automatique de la parole : Etat des recherches et comparaison avec la vision par ordinateur", *Technique et Science Informatique*, Vol. 4, N° 3, pp. 265-287, 1985.
- [LAA 89] H.LAASRI, B.MAITRE, "Flexibility and efficiency in Blackboard Systems: Studies and Achievements in ATOME", *Blackboard Architectures and Applications*, pp. 309-322, 1989.

- [LEA 93] V.F.LEAVERS, "Survey, which Hough transform?", *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1993.
- [LES 88] Victor R.LESSER, Lee D.ERMAN, "A Retrospective View of the HEARSAY II Architecture", *Blackboard Systems*, pp. 87-111, 1988.
- [LEI 03] Christine LEIGNEL, Olivier BERNIER, Daniel COLLOBERT, Renaud SEGUIER, "Transformée de Hough elliptique floue rapide", CORESA'2003, Lyon, pp. 189-192, Janvier 2003.
- [PEN 86b] Henri PENNY NII, "Part Two, Blackboard Systems : Blackboard Application Systems, Blackboard Systems from a Knowledge Engineering Perspective", *The AI Magazine Summer*, Vol. 7, N° 3, pp. 82-106, 1986.
- [SHE 86] J.SHEN, S.CASTAN, "An optimal linear operator for edge detection", *IVC*, 1986.
- [TAM 01] Ken TAMAGAWA, Toshio Yamada, Tetsuro Ogi, and Michitaka Hirose, "Developing a 2.5-D Video Avatar", *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 18, N° 3, pp. 35-42, May 2001.
- [WIN 79] D.WINTER, *Biomechanics and Motor*, John Wiley and Sons. Control of Human Movement, 1979.

