Etat de l'art:

\subsubsection{**Animation de personnages humains}**

Dans le cadre de l'animation de personnages on dispose d'un squelette composé de corps solides relié par des jointures permettant un certain nombre de degrés de libertés entre ces derniers. Il existe deux catégories de méthodes d'animation. La première, l'animation cinématique, décrit simplement les trajectoires des articulations au cours du temps. Bien que facile à réaliser cette méthode possède le défaut de rendre les interactions avec un environnement dynamique très compliquées. La seconde catégorie, l'animation basée physique, aborde le problème sous un tout autre angle. Cette fois –ci on ne déplacera pas directement les éléments du squelette mais on utilisera des interactions physiques pour les manipuler. On peut classer les interactions avec le squelette dans quatre catégories \cite{geijtenbeek2012interactive}: \newline

\begin{itemize}

\item{L'application de moments au niveau des jointures. Le principe est d'appliquer des moments au niveau des jointures pour faire se déplacer les éléments relativement entre eux suivant les degrés de liberté.}

\item{La seconde consiste à appliquer des forces directement sur les différents corps solide pour les animer. Cependant, un personnage réel no possédant pas la possibilité d'effectuer ce genre d'action, les résultats obtenus peuvent sembler surnaturels. Cette technique à d'ailleurs été surnommé "hand-of-god" \cite{van1995guided}. }

\item{La dernière méthode consiste à considérer des force comme la seconde méthode à la différence que celle-ci seront simulée à l'aide de moments sur les différentes articulations concernées. Cette méthode permet donc de simuler une force tout en gardant un résultat réaliste. On la retrouve notamment de le cadre de contrôle de vitesse et d'équilibre \cite{coros2010generalized}.}

Pour permettre l'animation du squelette de manière à obtenir les déplacements désirés, des systèmes hauts niveau sont créés \cite{geijtenbeek2012interactive}. Ces système prendront en compte des paramètres de haut niveau tel que la vitesse et la posture et les convertiront en interactions avec le squelette définies ci-dessus.

\subsubsection{**Contrôle dans l'espace des joints}**

Ce type de méthode se base sur un système similaire à l'animation cinématique. L'utilisateur spécifie une série de positions désirées représentant le mouvement et le système tentera de suivre ces positions dans la limite du possible. A ceci s'ajoute des contrôleurs de feedback qui affecteront des moments supplémentaires suivant des règles intégrées au modèle.

\begin{figure}[h]

\centering

\includegraphics{joint\_space\_motion\_control.png}

\caption{exemple de controleur dans l'espace des joints \cite{geijtenbeek2012interactive}}

\label{fig:joint\_space\_motion\_control}

\end{figure}

Bien qu'il existe plusieurs méthodes permettant de suivre les positions spécifiées (antagonist feedback \cite{neff2002modeling}, non-linear force field \cite{mussa1997nonlinear}), la méthode la plus commune est le "proportionnal-derivative control" (PD-control). Un PD-controleur calcule un torque pour chaque articulation linéairement proportionnel à la différence entre l'état actuel et l'état désiré. Il prend en compte la différence entre les angles mais aussi la différence entre les vitesses angulaires

\[

\tau=k\_p(\theta\_d - \theta) + k\_v(\dot{\theta\_d} - \dot{\theta})

\]

Parmi les systèmes basés sur un PD-controler on trouve notamment le SIMBICON \cite{yin2007simbicon}. Le modèle est basé sur une machine à état finit. Chaque état est définit par une série de poses qui définiront les poses désirées au cours du mouvement. La transition d'un état à un autre peut s'effectuer après un certain temps ou bien lors d'un nouveau contact entre un pied et le sol. La spécification des poses clef possèdent quelques spécificités propres au SIMBICON. Les angles des articulations sont exprimé dans une repère local à l'exception de l'articulation entre le basin et le dos et de celle de la hanche de balance sont exprimées dans le repère du monde. Enfin la hanche d'appuis ne possède pas de positions cibles. Les moments à appliquer sur celle-ci sont déterminés de manière à obtenir le moment désiré sur le pelvis sans avoir recours à des forces extérieures.

\begin{figure}[h]

\centering

\includegraphics{state\_machine.png}

\caption{exemple de machine à état pour la marche \cite{ yin2007simbicon}}

\label{fig:state\_machine}

\end{figure}

Le défaut du PD-controler est qu'il est nécessaire de connaitre les bonnes valeurs pour les gains si l'on veut obtenir un résultat correct. Des gains trop faibles ne permettrait pas de suivre le mouvement définit. Des gains trop forts provoqueraient un mouvement saccadé et des possibles oscillations autour de la position désirée. On peut déterminer les bons paramètres par une série d'essais successifs mais cela ne permettrait pas d'obtenir un système robuste à des variations de géométrie dans le squelette. Pour pallier à ce problème le SIMBICON utilise un système de feedforward sur les moments des articulations permettant ainsi d'obtenir une partie des moments nécessaire sans avoir à utiliser des gains élevés. Il existe d'autres méthodes permettant de calculer automatiquement une partie des moments. On trouve notamment un système de compensation de gravité \cite{coros2010generalized}. Ce système calcule des forces virtuelles compensant la gravité sur chaque partie du squelette.

\subsubsection{**Maîtrise de l'équilibre au cours de la marche}**

Définit tel quel le système ne permettrait pas de supporter des interactions avec l'environnement qui résulteraient en un déséquilibre. Pour pallier à ce problème le SIMBICON ajoute un système de balance feedback sur la hanche de balance et le pied d'appuis. Le principe est de modifier les angles cibles en fonction de la vitesse du centre des masses et de la distance entre celui-ci et le pied d'appuis.

\* mettre la formule\*

Ce système permet d'obtenir un placement du pied intelligent qui maintient le personnage dans un équilibre stable. Parmi les autres systèmes de placement intelligent du pied on trouve l'utilisation d'un inversed pendulum model (IPM) \*citation\* \*citation\*. En plus de permettre l'équilibre l'IPM possède l'avantage de pouvoir complètement définir le mouvement de la marche humaine utilisant des paramètres plus haut niveau tel que la hauteur des pas. Un avantage majeur d'un tel système est que l'on obtient une définition indépendante des caractéristiques physique du squelette offrant ainsi un grande flexibilité. Bien que très performant l'utilisation d'un IPM limite le déplacement à de la marche. De plus l'utilisation d'un IPM pour générer le mouvement complet de la jambe de balance limite grandement les styles de déplacement possibles.

\subsubsection{**Contrôle de la vitesse}**

Parmi les paramètres de haut niveau disponible à l'utilisateur on trouve le contrôle de la vitesse. Dans la version originale du SIMBICON la vitesse désirée est obtenue à l'aide d'une stratégie d'évolution. Le principe est de faire varier les positions cibles jusqu'à ce que l'on obtienne la vitesse voulue. Une amélioration du système \*citation\* apporte la possibilité d'avoir plusieurs sets d'état. Le principe est d'avoir des sets généraux (i.e. marche avant, marche arrière, …) et de faire des combinaisons de ces états pour obtenir des états intermédiaires. Cela permet non seulement d'avoir une vitesse variable mais aussi de pouvoir changer de vitesse sans avoir à redémarrer le contrôleur. Plus récemment, un système un système appliquant une force virtuelle pour accélérer ou ralentir le personnage a été présentée \*citation\*. La force à appliquer est calculée à l'aide d'un PD-contrôleur se basant sur la vitesse du personnage. Ce système permet d'avoir un contrôle fin de la vitesse. Cette méthode de contrôle a été utilisée de manière intensive dans le but de conserver l'équilibre dans le cadre de déplacement dans une position statique \*citation\*. Cependant ce système ne permet pas de suivre correctement les vitesses si les poid du contrôler sont incorrect. Particulièrement si l'on place le personnage dans un milieu entravant son déplacement il serait nécessaire de retrouver les gains adaptés, si donné que ces gains existent. De plus l'application d'une force virtuelle reste limité par les valeurs maximales des moments aux articulations. Ce qui veux dire que si le milieu gène beaucoup le mouvement, cette stratégie de contrôle devient invalide.

\subsubsection{**Contrôle du mouvement en milieu aquatique}**

La simulation d'interactions entre un personnage et un milieu liquide a déjà été effectuée. La plupart des travaux placent le personnage en milieu aqueux (\*citer les articles\*). On trouve également des articles utilisant un fluide pour simuler l'effet du vent sur le personnage (\*citation\*). Cependant ces contrôleurs sont utilisés pour simuler de la nage et non de la marche. Dans les articles discutant des simulations de vent généralement le personnage est entièrement immergé dans le fluide \*citation\*. De plus dans ce genre de situation l'effet de la poussée d'Archimède est ignoré. Dans le cadre de la simulation de l'eau de nombreux articles se servent d'un modèle basé sur les équations de Navier Stockes (\*article que j'avais qui util navier stocke pr prem fois stem 99 je crois\*) avec une représentation eulérienne \*citation\*. Le défaut est que ces système ne permettent pas une simulation en temps réel \*citation de 2 article de nage\*. D'autres approches se contentent de modéliser l'eau à travers des forces extérieures calculées à l'aide d'équation simples \*citation\*.

\subsubsection{**Biomécanique de la marche en milieu aquatique}**

La marche en milieu aquatique a été le sujet de plusieurs études dans le milieu de la bio-mécanique \*citer 3-4 articles\*. Certains de ces travaux travaillent sur les différences provoquées par la présence de l'eau \*citer le premier du dossier \*. Cependant ces travaux utilisent des niveau d'eau se situant \*metre les noms des niveau et leur signification\*. C’est-à-dire que l'impact de l'eau sur le torse et toujours présent ce qui modifie fortement les résultat par rapport à notre situation.