Pr le schémas prendre exemple de celui de coros 2010

%

\section{modélisation des fluides}

%

De manière à conserver une exécution en temps réel, le modèle utilisé se base sur les formules de base de dynamique des fluides. La poussée d'archimède est calculée à partir du volume immergé de la représentation physique du squelette. L'influence du déplacement du personnage à l'intérieur de fluide n'a pas été considérée.

%

\subsection{forces hydrodinamiques}

%

La résistance du fluide est calculée à partir de la formule suivante:

\*mettre la formule\*

Avec C(a) le coefficient de résistance, r la densité du fluide, an la surface en vue du polygone et vn la vitesse du polygone. La vitesse n'étant pas constante en tout point d'un polygone nous utilisons un découpage en éléments finis de la surface des polygones pour effectuer nos calculs.

La friction du fluide est implémentée à travers un coefficient

\*mettre la formule\*

Avec \*signe grec\* la viscosité du fluide.

%

\subsection{poussée d'Archimède}

%

La poussée d'archimède est calculé à l'aide de la formule du même nom:

\*formule\*

Le volume immergé (Vi) étant déterminé soit par l'utilisation des formules existantes (sphères, cylindres) soit par une représentation du polygone en voxels (prismes)

%

\section{Contrôle du mouvement}

%

Comme présenté par la figure (\*lien figure\*), le système de contrôle du mouvement est composé de 3 blocs principaux: suivit des poses clef, conservation de l'équilibre et suivit de la vitesse. Voici une vision globale du fonctionnement du système.

Chaque joint possède une trajectoire à suivre pour chaque degré de liberté. Ces trajectoires sont déterminées à partir d'un certain nombre de points clef et les valeurs intermédiaires sont déterminées à l'aide de calmut rom splines (\*chercher le terme exact\*). Les joints ayant une influence sur la vitesse possèdent un set de trajectoires chacune correspondant à une vitesse. Suivant la vitesse le système calcule une combinaison des deux trajectoires des deux vitesses les plus proches. Les trajectoire de la jambe de balance sont déterminées dynamiquement à partie de la trajectoire désirée pour le pied de balance.

Pour permettre l'utilisation de gains faibles dans le PD-controller nous utilisons le système de compensation de gravité dans \*citation\*. Ce système permet de calculer indépendamment une partie des moments nécessaire au mouvement d'alléger la charge du PD-contrôler.

La conservation de l'équilibre est réalisée par un placement du pied intelligent déterminé par un modèle de pendule inversé (IPM). Pour aider ce système les articulation de la hanche et du pied d'appuis possèdent des modèles de feedback corrigeant la position du personnage.

Le contrôle de la vitesse est obtenu à l'aide d'une force virtuelle similaire à celle utilisée par \* citation\*. Ce système a été amélioré pour prendre en compte les variations de vitesse interne à un pas. Ce système est aidé par une altération des résultats de l'IPM permettant d'accélérer ou de ralentir le personnage. Ces deux système sont contrôlés par du feedback et ne nécessitent aucun paramétrage.

%

\subsection{modélisation du personnage}

%

Le personnage utilisé est composé de corps solides simples (sphères, cylindres et prismes). Celui-ci est composé de 28 degrés de liberté interne présentés dans le figure (\*mettre nbr figure\*) plus 6 degrés de liberté externe (position et orientation).

\*mettre la figure\*

%

\subsection{générateur de mouvement}

Le générateur de mouvement prend comme entrée les trajectoires définies par l'utilisateur pour chaque degré de liberté à l'exception de la jambe de balance et de la hanche d'appuis. Ces trajectoires indiquent les angles désirés à un instant donné du mouvement. Les angles sont définis comme les angles relatif entre le polygone parent et le polygone enfant de chaque articulation à l'exception des angles du pelvis et des hanches. Les angles du pelvis et de la hanche de balance sont définis dans le repère du personnage. Ce repère est similaire au repère du monde à l'exception d'une rotation sur l'axe y (axe vertical) permettant de garder l'axe z dans la direction que face le personnage. Cette rotation est définie par une variable de "heading" qui est utilisée pour contrôler la direction de marche du personnage. Les trajectoires sont des coubes de la phase \*phi\* d'un pas (\*phi appartient à 0,1\*. L'alternation gauche droite des pas est gérée en utilisant le symétrique des trajectoires. Les courbes sont définies par un nombre arbitraire de points clefs choisis par l'utilisateur et les valeurs pour les positions intermédiaires sont déterminées à l'aide de Calmull-Rom splines.

Le générateur de mouvement convertit ces angles désirés en moments aux articulations en utilisant un PD-controler:

\*formule\*

Il est commun de voir que la position atteinte par le système soit très différente de la position demandée, particulièrement avec la présente d'un milieu aquatique.

Le générateur de mouvement est composé d'une machine à été similaire à celle utilisée par \*citation du simbicon otiginal\*. Le système change d'un état au suivant à chaque fois que le pied de balance touche le sol. L'utilisateur définit une durée de temps T pour chaque pas. La phase \*phi\* à une instant t après le changement d'état est déterminée par \*phi=t/T\*.

Les trajectoires désirées pour les éléments composant la jambe de balance sont déterminées dynamiquement par l'utilisation d'un IPM (\*mettre section\*) et une définition de la trajectoire du pied de balance. Le système détermine la position du pied en choisissant soit la position définit par l'utilisateur soit celle indiquée par l'IPM. Le choix est effectué suivant des règles définies dans la section présentant l'IPM.

Le moment \*Tb\* à appliquer à la hanche d'appui est calculé de manière à ce que le moment total sur le pelvis corresponde au moment permettant d'obtenir l'orientation définie par l'utilisateur. Ce moment \*T\* désiré est déterminé par le PD-controler en prenant pour angle cible la somme de l'angle définit dans la trajectoire du pelvis plus l'angle de heading.

\*Tb=T –Ta –Ttorso\*

Avec Ta le moment appliqué sur la hanche de balance et Ttorso le moment appliqué à l'articulation entre le pelvis et le torse.

Le générateur de mouvement possède également la capacité d'adapter les trajectoires des articulations en utilisant la combinaison de plusieurs trajectoires définies par l'utilisateur. Le principe est de faire la combinaison des états optimaux pour des environnements différents (vitesse différente, présence d'un liquide). Ce système est présenté dans la \*mettre lien vers la section\*

\subsubsection{compensateur de gravité}

Le compensateur de gravité permet l'utilisation de gains faibles dans le PD-contrôleur et ainsi éviter la création de mouvements robotiques. Notre système est très similaire à celui présenté par \*citation\*. Le principe est de calculer pour chaque partie du personnage une force virtuelle compensant la gravité. Donc pour chaque polygone nous appliquons une force \*F=-m\*g\* au centre des masses, le signe négatif indiquant une force vers le haut. Cette force est ensuite convertie en moment pour chaque articulation se trouvant dans la chaine reliant le point d'application de la force et le pelvis \*T=Jitrans\*F\*. Jitrans est la transposée de la jacobienne de la chaine reliant le pelvis et le point d'application de la force.

La jacobienne d'une chaine de k articulation contient les informations indiquant l'impact d'une rotation de chaque degré de liberté de la chaine sur le point final de la chaine

\*mettre une jacobienne\*

Chaque \*formule du truc de une case\* peut être calculé par le produit vectoriel entre l'axe de la rotation et le vecteur allant de l'articulation i et le point d'application

\*mettre la formule\*

Donc la force à appliquer à chaque articulation i correspond à:

\*mettre la formule\*

Cette méthode de compensation de gravité est appliqué à tous les solides du squelette excepté ceux composant la jambe d'appuis.

Nous avons modifié légèrement ce système pour permettre la prise en compte d'un milieu liquide. Cette modification consiste à calculer les valeurs de la poussée d'Archimède sur chaque membre du personnage et de soustraire celle-ci à la force virtuelle à appliquer. Il parait intéressant de noter que il ne suffit pas simplement de diminuer l'intensité de la force à appliquer. En effet suivant la modélisation des membres du personnage, il est possible, et même fortement probable, que la densité soit variable à l'intérieur de ceux-ci. De ce fait le point d'application de la force compensant la gravité et celui de la poussée d'Archimède seront différent, ce qui nous oblique à déterminer le point d'application de la force finale.

\*formule finale de la force\*

\subsection{conservation de l'équilibre}

%

L'équilibre du personnage est obtenu par le placement intelligent du pied à l'aide d'un modèle de pendule inversé (IPM) et de fonctions de feedback sur certaines articulations (balance feedback).

%

\subsubsection{Modèle du pendule inversé}

%

\*mettre un shémas\*

Pouvoir déterminer dynamiquement la position optimale pour conserver l'équilibre est un très grand avantage pour obtenir un contrôleur robuste aux interactions avec l'environnement. Pour déterminer la position p(x,y) du prochain pas, nous utilisons un modèle de pendule inversé. Nous utilisons le même modèle que \*citation\* et considérons une longueur de jambe constante.

Le principe de l'IPM est de partir du constat que la somme de l'énergie potentielle de pesanteur et de l'énergie cinétique reste constante peu importe la position du pendule.

\*formule\*

Si l'on considère que lors de la position d'équilibre (position verticale) nous désirons une vitesse nulle nous pouvons simplifier l'équation avec les variables suivantes \*v'=0 et formule de h'\*. On peut ainsi déterminer la valeur de d.

\*équa de d\*

Pour permettre d'avoir un résultat conservant une vitesse proche de la vitesse désirée une altération des résultats de l'IPM est réalisé \*delta=alpha\*Vd\*. Ainsi une vitesse positive apporte une diminution de la longueur des pas provoquant une accélération et inversement une vitesse négative ralentit le personnage. Ce système est étendu à un système de feedback pour le contrôle précis de la vitesse (voir \*section\*).

Selon la vitesse de personnage il est possible que l'IPM nous donne des résultats impossible à atteindre c'est pourquoi la longueur des pas est limitée à \*d=0.6L\* avec L la longueur de la jambe.

La position effective du pied est calculée à l'aide d'une interpolation entre la position de départ du pied et la valeur retournée par l'IPM. La loi d'interpolation utilisée est une loi cubique:

\*Pf=(1-phicarré)\*posini+phicarré\*p(x,y) \*

La hauteur du pied au cours du pas est définie par l'utilisateur à l'aide d'une trajectoire.

Les angles désirés pour la hanche et le genou sont ensuite déterminés à l'aide de la cinématique inversé (\*figure expliquant comment on trouve les angles\*). Il reste un degré de liberté qui est fixé pour que la position du genou se trouve dans le plan de rotation de la hanche.

Bien que l'IPM soit intéressant il limite les possibilités de mouvement. Par exemple il rend impossible un mouvement définissant une trajectoire rectangulaire pour le pied comme l'on voit sur la figure \*mettre nbr figure\*. Ce genre de déplacement est important dans le cadre de notre étude car elles sont typiques de lieu ou la progression est beaucoup entravée (par exemple de le neige). Pour permettre l'observation de tels déplacements nous avons rajouté la possibilité de manuellement définir la position du pied au cours du pas. Cette définition manuelle est considéré temps que le personnage est dans la phase ascendante du pas \*v(y)>0\* et qu'il n'est pas dans un état instable. Nous déterminons une instabilité du personnage si nous détectons une variation irrégulière du pattern de vitesse observé au cours d'un pas (voir \*mettre le numéro de la section\*). Si un état instable est détecte nous utilisons les résultat de l'IPM pour la totalité du pas jusqu'à ce que nous retournions dans un état stable.

%

\subsubsection{balance feedback}

%

\*mettre le shémas pr le d et le v\* le mettre avec le modèle du pendule inversé et les degrés de liberté

Dans le cadre de ce feedback nous utilisons une loie linéaire fonction de d et de v pour altérer les angles désirés:

\*mettre la loie\*

Avec \*théthad\* l'angle qui sera utilisé par le PD-contrôleur, \*théthad0\* l'angle spécifié par les trajectoires, \*d\* la distance entre le centre des masses et le pied d'appuis et \*v\* (\*figure\*) la vitesse de centre des masses.

Les gains \*Cd et Cv\* sont déterminés pendant la phase d'optimisation hors-ligne.

Ce système est appliqué sur la cheville d'appuis. Il est utilisé pour obtenir une partie du moment nécessaire à appliquer ce qui permet de conserver des gains faibles. Il est important de signaler que ce n'est qu'une stratégie d'équilibre secondaire car la nécessité d'avoir des gains optimaux la rend très peu flexible.

%

\subsection{contrôle de vitesse}

%

Dans le cadre de ce projet, la capacité à marcher à une vitesse donnée est un critère primordial. De plus nous souhaitons obtenir un système qui sera robuste à la variation du milieu (présence ou non de liquide). Pour obtenir un tel résultat, nous utilisons une force virtuelle ainsi qu'un système d'altération des résultats de l'IPM.

%

\subsubsection{contrôle de vitesse par force virtuelle}

%

\*mettre la figure montrant la chaine affectée\*

Pour obtenir une vitesse désirée nous allons appliquer une force virtuelle horizontale qui accélèrera ou ralentira le personnage en déplaçant le centre des masses. Ce système est basé sur le système utilisé par \*citation\*.

Le principe est d'utiliser une PD-contrôler se basant sur la différence entre la vitesse actuelle du personnage et la vitesse désirée pour déterminer l'intensité de la force à appliquer. La force sera ensuite appliquée au centre des masses du personnage en calcullant les torques nécessaires à l'aide de la méthode de la transposée jacobienne (\*mettre le num de section de la jacobienne\*). La chaine de polygone considérés pour l'application de la force est la chaine reliant le torse au pied d'appuis (voir \*figure\*). Les valeurs utilisées pour la jacobienne sont légèrement différentes de celles-ci utilisées précédemment. Cette fois nous utilisons la somme des vecteurs séparant les articulations pondérés par le poid du membre présent entre ces deux articulations.

\*mettre formule\*

Avec M la somme des pour de tous les membres considérés. Ceci nous permet d'accorder une importance plus grande aux articulations provoquant de grands changements dans la position de centre des masses.

Il est facile d'observer que la vitesse de déplacement du centre des masses n'est pas constante au cours d'un pas. Cependant lorsque nous somme dans le cas d'un déplacement stable, ces variations de vitesse sont constantes entre chaque pas. C'est pourquoi nous avons construit un système permettant d'apprendre cette courbe de variation de vitesse de manière à appliquer une force virtuelle plus adaptée. De manière similaire aux trajectoires des articulations cette courbe est définie comme une fonction de \*phi\* et possède un nombre de point de référence arbitraire. Les valeurs entre les points de références sont également déterminées à l'aide de Catmull-Rom splines. Un nombre de 10 points de référence s'est montré être une valeur correcte.

Ce paragraphe explique de manière plus précise l'apprentissage de la courbe. Aux cours d'un pas nous relevons pour chaque point de référence la différence entre la valeur stockée dans la courbe et la valeur observée réellement. Si la variation moyenne observée est inférieur à une heuristique, nous adaptons les valeurs stockées pour les rapprocher des valeurs observées. Pour finir nous déterminons le ratio entre la vitesse moyenne demandée et la vitesse moyenne et nous modifions les points de la courbe de façon à ce que la nouvelle courbe définisse les valeurs à demander pour obtenir la vitesse voulue.

La présence de l'heuristique nous permet de détecter les variations irrégulières de la courbe de vitesse. Une fois la situation d'équilibre atteinte nous obtenons une courbe stable qui est caractéristique au déplacement constaté. Si l'on observe une variation de cette courbe cela veut dire qu'un élément est venu perturber le déplacement. Dans ce cas, nous déclarons au système que nous ne sommes plus dans un état stable ce qui adaptera la stratégie de déplacement jusqu'à ce que le mouvement redevienne stable. Une fois le mouvement redevenue stable nous recommençons à adapter la courbe de vitesses.

%

\subsubsection{altération des résultats de l'IPM}

\subsection{off-line optimisation}

\subsubsection