

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 13.07.00.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.01.02 Bulletin 02/03.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : FRANCE TELECOM Société ano-
nyme — FR et TELEDIFFUSION DE FRANCE TDF —
FR.

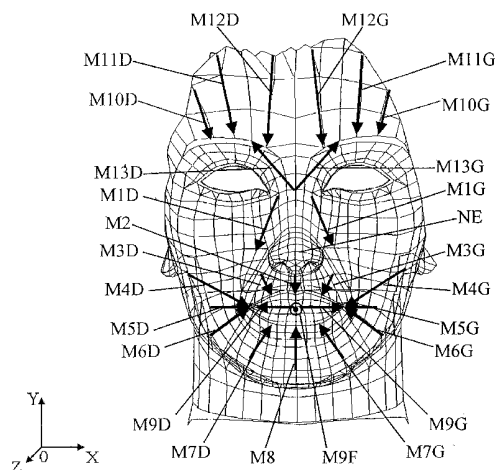
⑦② Inventeur(s) : BRETON GASPARD, BOUVILLE
CHRISTIAN et PELE DANIELLE.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : MARTINET ET LAPOUX.

⑤④ PROCEDE D'ANIMATION FACIALE.

⑤⑦ Une tête imagée 3D composée d'ensembles de
mailles est animée par des muscles faciaux modélisés. Afin
d'animer de manière naturelle les lèvres lors d'une diction,
les lèvres inférieure et supérieure sont distinguées dans un
ensemble de maille de lèvres en fonction de sommets de
maille sur une frontière de commissure de lèvre et d'ouver-
ture de bouche, et des zones inférieure et supérieure de la
tête sont partagées par la frontière. Des muscles modélisés
(M2, M3G, M3D, M4G, M4D) attachés à la lèvre supérieure,
avec des zones d'influence sécantes dans la zone supérieu-
re, déplacent des sommets de maille dans la lèvre supérieu-
re (LS) et sous le nez. D'autres muscles modélisés (M6G,
M6D, M7G, M7D, M8) attachés à la lèvre inférieure, avec
des zones d'influence sécantes dans la zone inférieure, dé-
placent des sommets de maille dans la lèvre inférieure et le
menton.



Procédé d'animation faciale

La présente invention concerne un procédé d'animation faciale en trois dimensions mis en œuvre dans un moyen de traitement de données comprenant un
5 moteur pour animer la tête d'un locuteur initialement mémorisée et analysée. Par exemple, le moyen de traitement de données est relatif à la téléconférence, le télétravail ou le travail
10 collaboratif, ou bien à des agents intelligents pour lire des pages de courrier électronique, ou bien encore à des assistants virtuels avec des applications de commerce électronique.

15 Selon la technique antérieure, la plupart des moteurs d'animation ne sont pas musculaires et bien souvent l'animation faciale est réalisée par morphing entre des expressions clés de la tête réalisées à la main par des artistes. Les moteurs d'animation
20 musculaire sont en général plus complets mais ne prennent pas en compte l'élasticité de la peau, ce qui empêche toute animation de la tête en temps-réel.

Un moteur d'animation musculaire est intéressant pour sa facilité à décrire une animation en un
25 ensemble de contractions musculaires, la tête étant structurée en des ensembles de mailles prédéterminés, par exemple les lèvres, les yeux, les paupières, etc. Ces ensembles de contractions sont souvent généralisables de visages en visages. Par exemple, un
30 sourire est toujours obtenu par contraction des muscles zygomatiques agissant sur les commissures des lèvres.

Par exemple, Keith WATER dans son article "A Muscle Model for Animating Three-Dimensional Facial
35 Expression", Proceedings of Siggraph, Anaheim,

Californie, juillet 1987, pages 17-24, préconise une animation faciale au moyen d'une mobilisation de muscle sous la forme d'un vecteur dans un secteur d'influence angulaire dans lequel un sommet de maille
5 est déplacé en fonction d'un coefficient d'atténuation angulaire et d'un coefficient d'atténuation radiale.

Toutefois, dans ce type de moteur d'animation,
10 les lèvres sont dissociées et la bouche est ouverte par rotation de la mâchoire inférieure solidaire de la lèvre inférieure. Cette rotation conduit à détruire la commissure des lèvres, ce qui ne reflète pas précisément les mouvements des lèvres
15 indépendamment l'un de l'autre lors de la prononciation.

La présente invention vise à améliorer l'animation des lèvres sans que celle-ci soit trop
20 complexe afin qu'elle soit réalisée en temps réel.

A cette fin, un procédé pour animer une tête imagée en trois dimensions acquise dans un moyen de traitement de données sous forme d'ensembles de
25 mailles parmi lesquels un ensemble de lèvres, au moyen de muscles faciaux modélisés, est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes de :

- distinguer des lèvres inférieure et supérieure dans l'ensemble de lèvres en fonction de sommets de
30 maille au niveau d'une frontière de commissure de lèvre et d'ouverture de bouche,

- déterminer des zones inférieure et supérieure de la tête partagées sensiblement par au moins ladite frontière, et

- constituer un premier groupe de muscles modélisés attachés à la lèvre supérieure et ayant des zones d'influence sécantes au moins deux à deux situées dans la zone supérieure pour déplacer des sommets de maille dans la lèvre supérieure et sous le nez de la tête, et un deuxième groupe de muscles modélisés attachés à la lèvre inférieure et ayant des zones d'influence sécantes au moins deux à deux situées dans la zone inférieure pour déplacer des sommets de maille dans la lèvre inférieure et dans le menton de la tête.

Grâce à la répartition de muscles modélisés en les premier et deuxième groupes indépendants entre eux et à l'influence d'au moins deux muscles sur certains sommets de maille, la bouche est ouverte d'une manière naturelle lors d'une diction.

Comme on le verra dans la suite, l'invention prévoit également une animation paramétrique au moyen de la détermination de paramètres pour animer au moins l'un des organes suivants : un oeil, une paupière, une mâchoire inférieure, un cou.

L'invention concerne également des systèmes client-serveur relatifs à de l'animation faciale. Selon une première réalisation, le client comprend un moyen de traitement de données ayant acquis une tête imagée en trois dimensions sous forme d'ensembles de mailles et de paramètres selon le procédé d'animation faciale conforme à l'invention, pour animer la tête en fonction de commandes d'animation. Le serveur est un serveur de traitement pour convertir des réponses lues dans une base de données adressée par des requêtes correspondant à des messages transmis par le client, en des messages et des commandes d'animation transmis au client.

Selon une deuxième réalisation du système client-serveur, le serveur est un serveur de base de données, et le client comprend un moyen de traitement de données et un moyen conversationnel. Le moyen de traitement a acquis une tête imagée en trois dimensions sous forme d'ensembles de mailles et de paramètres selon le procédé conforme à l'invention, afin d'animer la tête en fonction de commandes d'animation. Le moyen conversationnel convertit des réponses lues dans le serveur de base de données adressé par des requêtes correspondant à des messages fournies dans le client, en des messages appliqués dans le client et des commandes d'animation transmises au moyen de traitement de données.

Les ensembles de mailles et les paramètres sont de préférence sélectionnés et acquis depuis un serveur prédéterminé.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations préférées de l'invention en référence aux dessins annexés correspondants dans lesquels :

- la figure 1 est une vue maillée de face d'une tête ;
- la figure 2 est une vue maillée de profil de la tête ;
- la figure 3 est un algorithme du procédé d'animation faciale selon une réalisation préférée de l'invention ;
- la figure 4 est une vue maillée de face des lèvres de la tête ;
- la figure 5 est un algorithme de distinction des lèvres inférieure et supérieure ;

- la figure 6 est une vue de face analogue à la figure 1, sans la chevelure de la tête, montrant l'emplacement de muscles faciaux ;

5 - la figure 7 est un tableau indiquant les fonctions de muscles faciaux montrés à la figure 6 et contrôlant le mouvement des lèvres, ainsi que des zones d'influence de ces muscles par rapport aux zones inférieure et supérieure ;

10 - la figure 8 est un algorithme de détermination de zones inférieure et supérieure de la tête, inclus dans l'algorithme de la figure 3 ;

- la figure 9 est une vue analogue à la figure 1, sans chevelure, montrant la séparation entre les zones inférieure et supérieure au niveau des lèvres ;

15 - la figure 10 est un graphe de la zone d'influence d'un muscle pour expliquer le déplacement de sommets de maille lors de la contraction du muscle;

20 - les figures 11A et 11B sont des graphes d'une zone d'influence maillée lorsque le muscle correspondant est contracté de 20% et 60% respectivement ;

25 - la figure 12 est un tableau indiquant les fonctions de muscles frontaux montrés à la figure 6 ainsi que des zones d'influence de ces muscles par rapport aux zones inférieure et supérieure ;

30 - les figures 13A et 13B montrent l'influence de trois muscles respectivement après une contraction de 20 % et une contraction de 60 % sur des déplacements de sommets de maille communs à leurs zones d'influence afin de montrer une impossibilité de déplacement de sommets de maille qu'évite l'invention;

35 - la figure 14 est un tableau de répartition de muscles faciaux en des groupes en vue de leur

contribution additionnelle ou indépendante à des déplacements de sommets de maille; et

- la figure 15 est un algorithme de détermination de paramètres pour une animation
5 d'yeux, de paupières, d'une mâchoire inférieure et d'un cou de la tête.

Le procédé d'animation faciale selon l'invention est mis en œuvre dans un moteur d'animation
10 implémenté dans un moyen de traitement de données, qui est installé par exemple dans un ordinateur personnel ou dans un serveur multimédia du réseau internet, ou bien dans un terminal de téléconférence ou de télétravail qui a reçu l'image en trois
15 dimensions de la tête TE d'un locuteur faisant face au terminal afin de la transmettre vers le terminal d'un locuteur distant pendant la téléconférence. Selon une autre variante, un assistant virtuel installé dans une borne publique donnant accès à des
20 bases de données par exemple commerciales et touristiques a mémorisé l'image en trois dimensions de la tête TE d'une opératrice-animatrice afin de la visualiser pendant l'écoute d'informations. Comme montré aux figures 1 et 2, respectivement en vue de
25 face sur un plan XOY et en vue de profil droit sur un plan YOZ, la tête TE du locuteur ou de l'opératrice a été acquise par le moyen de traitement de données sous la forme d'une image maillée en trois dimensions produite par un scanneur ou déduite à partir d'une ou
30 plusieurs photos de la tête analysée par un logiciel n'appartenant pas au cadre de l'invention.

Initialement à une étape E0, la tête TE est définie superficiellement par plusieurs ensembles de mailles polygonales essentiellement triangulaires et
35 quadrilatérales dans lesquelles peuvent être

appliquées des animations respectives. Toutefois, le buste BU revêtu de vêtements n'est généralement pas animé. Par exemple, les ensembles de mailles triangulaires sont notamment la peau du visage, les lèvres LE, les paupières supérieures droite et gauche PD et PG, et les blancs de l'oeil gauche BOG et de l'oeil droit BOD.

Dans la suite de la description, S_i et S_j désignent deux sommets de maille quelconques.

Comme montré à la figure 3, le procédé d'animation faciale implémenté sous forme de logiciel dans le moyen de traitement de données comprend l'étape initiale E0 relative au maillage superficiel du visage en trois dimensions, telle que décrite précédemment, suivie par des étapes E1 à E5 propres à l'invention. Ce procédé permet en temps réel et automatiquement d'animer la tête et particulièrement le visage du locuteur ou de l'opératrice en fonction d'une analyse de la voix de celui-ci ou d'un texte de manière à traduire des phonèmes par une animation du visage du locuteur ou de l'opératrice. Pour cette animation, le déplacement des lèvres est essentiel.

L'ensemble de mailles triangulaires LE comprenant une lèvre inférieure LI et une lèvre supérieure LS est montré en détail à la figure 4, en vue de face par projection de cet ensemble suivant l'axe OZ dans le plan XOY. Conformément à l'invention, l'étape E1 distingue la lèvre inférieure LI et la lèvre supérieure LS de manière à animer les lèvres séparément, selon l'algorithme montré à la figure 5. Cet algorithme de distinction de lèvres comprend des étapes E11 à E18. A une étape initiale E10 incluse dans l'étape E0, toutes les coordonnées

des sommets des mailles triangulaires de l'ensemble LE sont connues.

A la première étape E11, les sommets de maille S_i à la périphérie interne de l'ensemble LE sont repérés pour définir le contour intérieur C_{in} de l'ensemble de lèvres LE entourant une légère ouverture de bouche BO entre les lèvres du repos et les commissures aux extrémités des lèvres. Les sommets de maille à la périphérie externe de l'ensemble LE sont repérés pour définir le contour extérieur C_{ex} de l'ensemble LE des lèvres inférieure et supérieure en passant par les commissures.

A l'étape E12, des sommets S_{ing} et S_{ind} les plus extrêmes latéralement suivant l'axe OX des abscisses, c'est-à-dire les plus à gauche et à droite, sont détectés sur le contour intérieur C_{in} . De même, à l'étape E13, des sommets S_{exg} et S_{exd} les plus extrêmes latéralement suivant l'axe OX des abscisses, c'est-à-dire les plus à gauche et à droite, sont détectés sur le contour extérieur C_{ex} ; un autre sommet S_{inf} correspondant à la plus petite ordonnée sur le contour extérieur C_{ex} est également détecté.

Les couples de sommets gauches (S_{ing} , S_{exg}) et droits (S_{ind} , S_{exd}) matérialisent ainsi les commissures gauche et droite des lèvres.

Puis tous les sommets de maille triangulaire situés à gauche du sommet de gauche de contour interne S_{ing} dans la figure 4 et strictement inférieurs en ordonnée Y au segment de commissure gauche S_{exg} S_{ing} ayant les extrémités précédemment détectées sont marqués comme étant des sommets appartenant à la lèvre inférieure LI à l'étape E14. De même, tous les sommets de maille triangulaire situés à droite du sommet de droite de contour interne S_{ind} dans la figure 4 et strictement

inférieurs en ordonnée Y au segment de commissure droite S_{exd} S_{ind} ayant les extrémités précédemment détectées sont marqués comme étant des sommets appartenant à la lèvre inférieure LI à l'étape E15.

5 Ainsi, aux étapes E14 et E15 sont marqués les sommets de maille strictement inférieurs à l'un des segments de commissure S_{exg} S_{ing} comme appartenant à la lèvre inférieure LI.

10 A l'étape suivante E16, le sommet inférieur S_{inf} est marqué comme étant un sommet appartenant à la lèvre inférieure LI.

A l'étape E17, tous les sommets de maille non marqués, c'est-à-dire étant pas au niveau de l'ouverture de bouche BO et ayant une abscisse X

15 comprise entre les abscisses des sommets de contour interne des lèvres S_{ing} et S_{ind} , en commençant par des sommets voisins du sommet inférieur S_{inf} de la lèvre inférieure LI et en inondant progressivement la lèvre inférieure jusqu'aux segments de commissure de

20 lèvres, sont marqués récursivement comme appartenant à la lèvre inférieure LI jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de sommet à marquer.

Puis à l'étape E18, tous les autres sommets non marqués dans l'ensemble de lèvres LE n'appartenant

25 pas à la lèvre inférieure LI sont ensuite marqués comme appartenant à la lèvre supérieure LS. A cette étape, les lèvres inférieure et supérieure LI et LS sont ainsi définies distinctement par deux ensembles de sommets de maille séparés par la légère ouverture

30 de bouche OB entre les lèvres et par d'éventuels points frontaliers au niveau des commissures considérés comme appartenant à la lèvre supérieure LS.

En revenant à la figure 3, le procédé d'animation faciale se poursuit par des étapes E2 et E3 pour positionner et définir des muscles faciaux modélisés particulièrement spécialisés dans l'ouverture de la bouche et pour déterminer une zone inférieure ZI et une zone supérieure ZS dans la tête TE afin de limiter l'action des muscles spécialisés et commander des animations indépendantes de l'une des lèvres par rapport à l'autre et ainsi la séparation des lèvres LI et LS.

Comme montré à la figure 6 et énoncé dans le tableau de la figure 7, l'étape E2 définit un groupe de 17 muscles contrôlant le mouvement des lèvres dans une zone située sensiblement sous le nez et symétrique par rapport à un plan médian antéro-postérieur AP de la tête TE. En variante, l'étape E2 peut être effectuée à la suite de l'étape initiale E0. Les dix-sept muscles sont les suivants :

- des muscles labiaux nasaux internes gauche et droit M1G et M1D s'étendant obliquement le long des ailes du nez et vers le bas ;

- un muscle releveur labial central M2 dont le point d'attache est situé sous la cloison médiane du nez et s'étendant vers le bas jusqu'au sillon sous-nasal S_{sup} de la lèvre supérieure LS (figure 4) ;

- des muscles labiaux nasaux internes gauche et droit M3G et M3D dont les points d'attache sont sensiblement à la naissance des narines et s'étendant sensiblement verticalement vers le bas jusqu'au contour externe C_{ex} sensiblement entre le sommet S_{sup} marquant le sillon sous-nasal et les commissures ;

- des grands zygomatiques gauche et droit M4G et M4D respectivement attachés sensiblement au-dessus des oreilles et s'étendant obliquement sensiblement

jusqu'aux sommets externes S_{exg} et S_{exd} des commissures ;

- des muscles risorius gauche et droit M5G et M5D s'étendant sensiblement horizontalement depuis le milieu des joues jusqu'aux sommets externes des commissures ;

- des muscles dépresseurs angulaires gauche et droit M6G et M6D s'étendant sensiblement obliquement vers le haut latéralement au menton jusqu'aux sommets externes des commissures ;

- des muscles triangulaires gauche et droit M7G et M7D s'étendant sensiblement verticalement vers le haut depuis des éminences du menton jusqu'au contour externe C_{ex} de la lèvre inférieure LI entre le sommet inférieur S_{inf} et les sommets externes des commissures ;

- un muscle mentonnier M8 s'étendant verticalement depuis la fossette du menton jusqu'au sommet inférieur S_{inf} de la lèvre inférieure LI ;

- des muscles orbiculaires droit, gauche et frontal M9G, M9D et M9F qui ont des points d'attache au milieu MO (figure 4) de l'ouverture de bouche qui est situé entre les sommets centraux en vis-à-vis sur le contour interne C_{in} , et qui sont dirigés respectivement vers les sommets S_{ing} et S_{ind} du segment de l'ouverture de bouche OB et horizontalement vers l'intérieur de la bouche.

Les trois muscles orbiculaires M9G, M9D et M9F agissent comme un sphincter afin de constituer un muscle annulaire autour de la bouche, centré sur le milieu MO, par exemple pour simuler la prononciation de la lettre O.

Les dix-sept muscles modélisés énoncés ci-dessus et spécialisés dans l'ouverture de la bouche et plus

particulièrement dans l'animation des lèvres ont selon l'invention des actions limitées dans des zones d'influence prédéterminées respectives pour permettre la séparation des lèvres. Pour obtenir cette

5 séparation, l'étape E3 définit une zone inférieure ZI et une zone supérieure ZF sur le visage afin de limiter l'action de certains de ces muscles à des sommets respectifs de l'une ou des deux zones ZI et ZS, comme indiqué dans la colonne droite du tableau à

10 la figure 7.

Comme montré en détail à la figure 8 en relation avec la figure 9, l'une des deux zones ZI et ZS, par exemple la zone inférieure ZI, est déterminée par

15 cinq étapes E31 à E35.

A l'étape E31, tous les sommets de maille S_i de la lèvre inférieure LI dans l'ensemble de mailles LE sont marqués comme appartenant à la zone inférieure ZI du visage. A l'étape E32, le milieu MB de la

20 bouche est déterminé comme étant le milieu du segment entre les sommets externes S_{exg} et S_{exd} des commissures de lèvres détectés précédemment à l'étape E13 (figure 5) comme étant les plus extrêmes selon le contour extérieur C_{ex} . Des sommets d'axe de

25 pivotement de mâchoire gauche et droit S_{pg} et S_{pd} sont déterminés à l'étape E33 sensiblement à la base des oreilles pour marquer un axe de pivotement horizontal des mâchoires et particulièrement de la mâchoire inférieure, comme montré à la figure 2.

30 A l'étape suivante E34, tous les sommets de maille S_i de la tête et particulièrement de l'ensemble de mailles superficielles appelé "peau du visage", situés sous le segment S_{pg} S_{exg} sur la projection de profil gauche (non représentée) pour

35 les sommets situés à gauche du milieu de bouche MB,

c'est-à-dire à gauche du plan médian antéro-postérieur AP de la tête TE, sont marqués comme appartenant à la zone inférieure ZI. De même, tous les sommets de l'ensemble de mailles "peau du visage" situés sous le segment S_{pd} S_{exd} sur la projection de profil droit montrée à la figure 2, pour les sommets situés à droite du milieu de bouche MB, c'est-à-dire à droite du plan médian antéro-postérieur AP de la tête TE, sont marqués comme appartenant à la zone inférieure ZI. La zone inférieure est ainsi située sous une ligne brisée joignant les sommets d'axe de pivotement S_{pg} S_{pd} à travers le segment entre les sommets externes de commissure S_{exg} et S_{exd} .

Puis à l'étape E35, tous les autres sommets de maille de la tête et particulièrement de l'ensemble "peau du visage" sont marqués comme appartenant à la zone supérieure ZS de la tête.

A la figure 9, la partie maillée ombrée représente la zone inférieure ZI et la partie maillée claire représente la zone supérieure ZS.

Comme montré dans la colonne droite du tableau à la figure 7 en relation avec la figure 6, les muscles M2, M3G et M3D au-dessus de la lèvre supérieure LS n'agissent que dans la zone supérieure ZS, les muscles M7G, M7D et M8 au-dessous de la lèvre inférieure ZI n'agissent que dans la zone inférieure ZI de manière à écarter et rapprocher les lèvres. Les autres muscles du tableau de la figure 7 situés latéralement à la bouche agissent à la fois dans les zones inférieure et supérieure de manière à étirer et rétracter les lèvres latéralement ou obliquement.

L'invention adopte un modèle musculaire montré à la figure 10 quelque peu similaire à celui préconisé par WATERS, tenant compte de l'élasticité de la peau

dans la contraction musculaire elle-même, ce qui évite de longs et fastidieux calculs.

Un muscle modélisé est attaché sur la tête maillée exclusivement par deux points, bien souvent confondus avec des sommets de maille, qui sont représentés par l'origine et l'extrémité orientée d'un vecteur musculaire $\vec{AI}$. L'origine du vecteur constitue un point d'attachement A du muscle considéré comme la racine du muscle, puisque d'un point de vue biologique, il est attaché à l'ossature de la tête TE. L'extrémité orientée constitue un point d'insertion I du muscle dans la chair. Pendant la contraction, le point d'attachement A et le point d'insertion I restent immobiles et le muscle agit comme un champ magnétique convergent, attirant les sommets de maille S_i situés dans une zone d'influence conique ZN à proximité du vecteur $\vec{AI}$, en direction de l'origine A du vecteur, comme cela est visible dans les figures 11A et 11B pour des contractions de 20% et 60% du muscle modélisé selon l'invention. La zone d'influence ZI du muscle correspond à un cône de révolution avec des génératrices AB, un axe suivant le vecteur $\vec{AI}$, un angle d'ouverture α et une base sphérique BB de centre A. La zone d'influence conique ZN contient complètement le vecteur $\vec{AI}$, comme montré à la figure 10.

Le muscle modélisé vectoriel $\vec{AI}$ est défini par les paramètres suivants dans la zone d'influence ZN :

- un angle d'ouverture α qui définit, pour un angle $\beta = \text{IAS}_i$, relatif à la direction du vecteur de déplacement δS_i d'un sommet de maille S_i par rapport à l'axe AI de la zone d'influence ZN, la limite à ne pas dépasser pour que le sommet S_i soit déplacé dans la zone d'influence ZN du muscle lors d'une contraction de celui-ci ;

- une zone d'atténuation angulaire et radiale AAR de la contraction du muscle délimitée par un tronc de cône à génératrice TB et bases sphériques concentriques TT et BB, situé à la périphérie sphérique de la zone d'influence ZN et contenant l'extrémité orientée I du vecteur $\overrightarrow{AI}$, avec une largeur prédéterminée TB à l'intérieur de laquelle les sommets de maille S_i sont déplacés par le muscle de plus en plus lorsque le sommet S_i est situé à proximité du point d'intersection T" du segment musculaire AI et de la petite base TT,

- une zone d'atténuation angulaire AA de la contraction du muscle délimitée par un cône entre le sommet A et la petite base TT, à l'intérieur de laquelle les sommets de maille S_i sont déplacés par le muscle de plus en plus lorsque le sommet S_i est situé à proximité du segment musculaire AI et du sommet A.

Les sommets S_i se trouvant sur la périphérie de la zone d'influence ZN, c'est-à-dire sur la surface conique de génératrice AB et sur la grande base sphérique BB sont immobiles lors de la contraction du muscle. Lorsque l'angle $\beta = IAV_i$ augmente pour atteindre l'angle α , une atténuation δ du déplacement est de plus en plus prépondérante, ce qui empêche de faire apparaître une frontière accentuée entre les sommets déplacés et leurs voisins qui ne le sont pas. Le déplacement d'un sommet de maille S_i est calculé par l'addition d'un vecteur de déplacement $\overrightarrow{\delta S_i}$ opposé au vecteur $\overrightarrow{AS_i}$, aux coordonnées X, Y, Z du sommet S_i selon la relation suivante :

$$\overrightarrow{\delta S_i} = -C.\delta. \overrightarrow{AS_i} ,$$

dans laquelle C est un pourcentage de contraction C du muscle, et δ un coefficient d'atténuation égal au produit d'un coefficient d'atténuation angulaire δ_A et d'un coefficient d'atténuation radiale δ_R qui sont les suivants :

$$\delta_A = \frac{\cos \beta - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

$$\delta_R = \cos \left(\frac{\left\| \begin{array}{c} \overrightarrow{TS_i} \\ \overrightarrow{TB} \end{array} \right\|}{\frac{\pi}{2}} \right)$$

avec $\delta = \delta_A \cdot \delta_R$ si $\|AS_i\| > \|AT\|$
 et $\delta = \delta_A$ et $\delta_R = 1$ si $\|AS_i\| \leq \|AT\|$,
 et T' l'intersection de AS_i avec la base TT .

Le coefficient d'atténuation δ_A est propre à l'invention et dépend de la distance angulaire β entre les vecteurs $\overrightarrow{AS_i}$ et $\overrightarrow{AS}$. La contraction maximum, c'est-à-dire lorsque $\overrightarrow{\delta S_i} = -\overrightarrow{AS_i}$ est obtenue uniquement pour les sommets inclus dans le segment AT'' où $\beta = 0$ et $\delta_A = \delta = 1$, le point T'' étant le sommet qui peut être le plus déplacé. Le coefficient d'atténuation δ_R est fonction de la distance radiale entre les points S_i et T' et ne varie que dans la zone tronconique AAR entre 0 et 1 depuis la petite base TT vers la grande base BB .

Comme cela est visible également à la figure 6, d'autres muscles faciaux modélisés localisés sur le frontal de la tête sont prévus pour animer les sourcils gauche et droit SG et SD . Ces muscles

modélisés indiqués dans le tableau montré à la figure 12 sont :

- des muscles frontaux externes gauche et droit M10G et M10D, frontaux gauche et droit M11G, M11D, et
5 grands frontaux gauche et droit M12G et M12D qui sont attachés au front et respectivement s'étendant vers le bas sensiblement jusqu'aux extrémités externes, milieu et extrémités internes des sourcils gauche et droit SG et SD ;
- 10 - deux muscles corrugateurs latéraux gauche et droit M13G et M13D qui sont attachés sensiblement latéralement au sommet du nez et dirigés vers le haut respectivement jusqu'aux sourcils gauche et droit entre les points d'attache des muscles M11G - M12G et
15 M11D-M12D.

Comme déjà dit, quand un muscle agit sur un sommet de maille S_i , il génère un vecteur de déplacement $\vec{\delta S_i}$ qu'il faut ajouter aux coordonnées
20 du sommet S_i pour obtenir le sommet déplacé. Cependant, lorsqu'un sommet de maille S_i est situé dans plusieurs zones d'influence de muscle sécantes et donc subit l'action de ces muscles, l'addition des vecteurs de déplacement sans précaution engendre un
25 déplacement du sommet de maille résultant de l'addition des vecteurs qui peut être exagéré. Le sommet déplacé peut se trouver attiré plus loin que les points d'attachement des muscles modélisés ayant contribué aux déplacements.

30 Par exemple, trois muscles A_1I_1 , A_2I_2 et A_3I_3 ont des zones d'influence sécantes ZN_1 , ZN_2 et ZN_3 montrées à la figure 13A. Les vecteurs musculaires de ces trois muscles concourent en un sommet de maille commun SC. L'addition de l'action de ces trois

vecteurs avec une contribution de $C = 20\%$ pour chacun d'eux sur les sommets de maille communs, tels que le sommet SC, communs aux trois zones d'influence conserve les sommets déplacés SC_A dans les zones d'influence. Par contre, lorsque le pourcentage de contraction C est plus élevé, par exemple égal à 60%, comme montré à la figure 13B, l'application des vecteurs résultant de l'addition de la contribution des trois muscles A_1I_1 , A_2I_2 et A_3I_3 sur les sommets de maille communs, tels que le sommet SC, engendre des sommets déplacés SC_B qui sont tirés en dehors des zones d'influence ZN_1 , ZN_2 et ZN_3 , ce qui est impossible en pratique.

Pour surmonter cet inconvénient, l'étape E4 classe les muscles modélisés faciaux pour constituer des groupes G1 à G5 suivant leur orientation selon le tableau montré à la figure 14.

Le premier groupe G1 concerne les muscles M2, M3G, M3D, M4G et M4D attachés à la lèvre supérieure LS et ayant des zones d'influence sécantes au moins deux à deux entre muscles voisins pour déplacer des sommets de maille S_i dans la lèvre LS et sous le nez NE. Le deuxième groupe G2 concerne les muscles M6G, M6D, M7G, M7D et M8 attachés à la lèvre inférieure LI et ayant des zones d'influence sécantes au moins deux à deux entre muscles voisins pour déplacer des sommets de maille S_i dans la lèvre LI et le menton ME. Le troisième groupe G3 concerne les muscles frontaux gauches M10G, M11G et M12G attachés au sourcil gauche SG et ayant des zones d'influence sécantes, de manière analogue à la figure 13A, pour déplacer des sommets de maille frontaux S_i du sourcil SG et au-dessus de celui-ci. De même, le quatrième groupe G4 concerne les muscles frontaux droits M10D,

M11D et M12D symétriques des muscles M10G, M11G et M12G respectivement.

Dans chacun des quatre premiers groupes G1, G2, G3 et G4, le vecteur de déplacement d'un sommet de maille S_i est déterminé en additionnant les vecteurs de déplacement résultant de l'action des muscles du groupe susceptibles d'agir sur le sommet de maille S_i afin d'obtenir un vecteur résultant, puis en le tronquant de telle façon que le module du vecteur résultant soit égal au plus grand module des vecteurs de déplacement des muscles devant agir.

Par exemple, si les trois muscles précités A_1I_1 , A_2I_2 et A_3I_3 illustrés aux figures 13A et 13B appartiennent à l'un des quatre groupes G1 à G4 et ont des zones d'influence ZN_1 , ZN_2 et ZN_3 contenant en commun au moins un sommet de maille S_i , par exemple comme les muscles M3D, M2 et M3G dans le premier groupe G1, ou les muscles M7D, M8 et M7G dans le deuxième groupe G2, le sommet S_i est déplacé selon l'invention d'un vecteur ayant la direction du vecteur résultant égal à la somme des vecteurs de déplacement $\overrightarrow{\delta S_{i1}}$, $\overrightarrow{\delta S_{i2}}$ et $\overrightarrow{\delta S_{i3}}$ des trois muscles, soit :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{\delta S_i} &= \overrightarrow{\delta S_{i1}} + \overrightarrow{\delta S_{i2}} + \overrightarrow{\delta S_{i3}} \\ \overrightarrow{\delta S_i} &= -C_1 \cdot \delta_1 \cdot \overrightarrow{A_1 S_i} - C_2 \cdot \delta_2 \cdot \overrightarrow{A_2 S_i} - C_3 \cdot \delta_3 \cdot \overrightarrow{A_3 S_i} \end{aligned}$$

et ayant le module du vecteur $\overrightarrow{\delta S_i}$ lorsque :

$$\| \overrightarrow{\delta S_i} \| \leq \sup (\| \overrightarrow{\delta S_{i1}} \|, \| \overrightarrow{\delta S_{i2}} \|, \| \overrightarrow{\delta S_{i3}} \|)$$

et un module égal au plus grand "sup" des trois modules dans le cas contraire. Dans les relations précédentes, C_1 , C_2 et C_3 désignent des contractions respectives des trois muscles A_1I_1 , A_2I_2 et A_3I_3 ; et
5 δ_1 , δ_2 et δ_3 désignent des coefficients d'atténuation dépendant respectivement de l'emplacement du sommet S_i dans les zones d'influence ZN_1 , ZN_2 et ZN_3 .

Dans le dernier groupe G5, les muscles sont choisis de telle façon qu'un sommet ne puisse être
10 dans la zone d'influence que d'un seul muscle, ou que les déplacements soient orthogonaux. Le groupe G5 comprend ainsi des muscles modélisés M5G et M5D attachés respectivement aux commissures de lèvres S_{exg} et S_{exd} et ayant des zones d'influence
15 indépendantes pour déplacer respectivement et indépendamment en opposition des sommets de maille vers l'extérieur des commissures de lèvres S_{exg} et S_{exd} et des muscles modélisés M9G, M9D et M9F attachés respectivement aux commissures de lèvres
20 S_{exg} et S_{exd} et ayant des zones d'influence indépendantes pour déplacer respectivement et indépendamment des sommets de maille vers l'intérieur de l'ouverture de la bouche et vers l'avant de la bouche.

25

L'animation faciale selon l'invention comprend également une animation paramétrique d'autres organes tels que les yeux et les paupières supérieures, la mâchoire inférieure et le cou dont les paramètres
30 sont définis à l'étape E5 de la figure 5 qui est montrée à la suite de l'étape d'association E4, bien qu'elle puisse être effectuée avant, par exemple après l'étape initiale E0.

A l'étape initiale E0, les ensembles de mailles relatifs aux yeux, c'est-à-dire aux blancs de l'oeil gauche BOG et de l'oeil droit BOD contenant respectivement les iris et pupille gauches et les iris et pupille droits, ainsi que relatifs aux paupières gauche PAG et droite PAD sont parfaitement définis. Les ensembles BOG, BOD sont supposés être sensiblement des demi-sphères, et les ensembles PAG et PAD des portions de sphère.

Pour animer un oeil donné, par exemple l'oeil droit BOG, un centre de rotation RO de l'oeil et un axe de rotation AP de la paupière correspondante PAD sont recherchés à des étapes E51 et E52 montrées à la figure 15.

L'étape E51 recherche automatiquement deux sommets de maille S_i et S_j les plus éloignés l'un de l'autre dans l'ensemble de mailles relatif au blanc de l'oeil correspondant BOG. Les deux sommets les plus éloignés S_i et S_j définissent les extrémités d'un segment formant un diamètre de la demi-sphère de l'oeil, et le milieu du segment diamétral entre ces deux sommets définit le centre de rotation RO de l'oeil. L'étape E51 est répétée pour chaque oeil. Puisque le visage au repos est en vue de face parallèle au plan XOY et en vue de profil parallèle au plan YOZ, chaque oeil peut subir une rotation autour du centre respectif RO suivant les axes OX et OY pour simuler un regard vers le haut ou le bas, et/ou vers la droite ou la gauche.

L'étape E52 détermine automatiquement de façon similaire un axe de rotation APA de la paupière supérieure correspondante, en recherchant deux sommets de maille S_i et S_j les plus éloignés l'un de l'autre dans l'ensemble de mailles correspondant PAD.

Par ces deux sommets de maille passe l'axe de

rotation autour duquel l'ensemble de mailles PAD peut tourner pour simuler des ouvertures et fermetures de la paupière. L'étape E52 est répétée pour l'autre paupière PAG.

5

L'animation de la mâchoire inférieure MA agit sur des ensembles de mailles relatifs à la peau du visage.

10 L'étape E53 détermine des sommets de maille en référence à la figure 2 en tant que :

- deux sommets d'axe de pivotement de mâchoire S_{pg} et S_{pd} qui sont en général confondus en vue de profil (figure 2) s'ils ne sont pas déjà déterminés à l'étape E33 (figure 8) ;

15 - un sommet mentonnier S_{me} situé dans le plan médian antéro-postérieur de la tête TE et sensiblement à la naissance de la fossette mentonnière ;

20 - un sommet de transition tête-cou S_{co} sensiblement dans le plan médian antéro-postérieur et au sommet de l'angle entre le plancher de la bouche sous le menton et la partie antérieure du cou.

Ces trois sommets de maille définissent un secteur angulaire d'articulation de mâchoire AM de sommets S_{pd} (S_{pg}) et de côtés $S_{pd} S_{me}$ ($S_{pg} S_{me}$) et $S_{pd} S_{co}$.

30 Puis l'étape E54 détermine un secteur angulaire prédéterminé α_M inférieur au secteur d'articulation de mâchoire $AM = S_{me} S_{pd} S_{co} = S_{me} S_{pg} S_{co}$, contenu dans le secteur AM à partir du côté inférieur commun $S_{pd} S_{co}$, comme montré à la figure 2. Un sommet S_{lco} est défini à l'intersection du côté supérieur de l'angle α_M et du menton.

35 La mâchoire inférieure MA est alors définie dans la figure 2 par le secteur angulaire AM formé par les

côtés S_{pd} S_{me} et S_{pd} S_{CO} de l'angle d'articulation AM.

A l'étape E55, les sommets S_i de l'ensemble de mailles "peau du visage" compris sensiblement dans le
 5 secteur angulaire d'articulation AM sont marqués comme appartenant à la mâchoire MA. La bouche n'est pas affectée par la rotation de la mâchoire et est uniquement animée par les muscles déjà définis en référence aux figures 6 et 7.

10 La mâchoire tourne autour de l'axe S_{pd} S_{pg} parallèle à l'axe OX, comme montré à la figure 9. De façon à éviter une collision de la mâchoire MA avec le cou CO, la rotation de la mâchoire est progressivement freinée vers le bas pour des sommets
 15 de maille dans les ensembles peau de visage et cavité buccale se trouvant dans le secteur angulaire α_M jusqu'à devenir nulle à proximité du segment S_{pd} S_{CO} . Le secteur angulaire α_M définit la zone à l'intérieur de laquelle la rotation de mâchoire est atténuée.

20 Ultérieurement, une rotation β_M de la mâchoire MA, typiquement inférieure à 10° ou 15° , agit complètement ($\beta' = \beta_M$) sur les sommets de maille S_i situés dans le secteur angulaire AM - $\alpha_M = [S_{me}$ S_{pd} $S_{CO}]$ en partie supérieure du secteur d'articulation
 25 AM et de manière atténuée sur les sommets de maille S_i à l'intérieur du secteur angulaire α_M . Lorsque la distance angulaire $\alpha_i = [S_{CO}$ S_{pd} $S_i]$ entre le sommet de maille S_i et le côté inférieur S_{pd} S_{me} commun aux secteurs angulaires AM et α_M diminue, le déplacement
 30 angulaire β_M du sommet S_i initialement prévu pour la mâchoire diminue en fonction d'un coefficient d'atténuation δ_M afin que le déplacement angulaire β'_M du sommet dans le secteur α_M soit :

35
$$\beta'_M = \beta_M \cdot \delta_M$$

$$\text{avec } \delta_M = 1 - \cos\left(\frac{\alpha_i}{\alpha_M} \frac{\pi}{2}\right) \text{ pour } S_i \in \alpha_M.$$

Le cou CO est uniquement une partie de l'ensemble de mailles "peau du visage". L'étape E56
 5 détermine le cou à l'aide des quatre sommets suivants de cet ensemble dans le plan médian antéro-postérieur AP de la tête :

- sommets antérieurs supérieur et inférieur S_{sup1} et S_{inf1} situés sensiblement au-dessous du
 10 sommet S_{CO} et au-dessus de la naissance du buste BU, le long du profil antérieur du cou ; et

- sommets postérieurs supérieur et inférieur S_{sup2} et S_{inf2} sensiblement au niveau du milieu MB de la bouche et au-dessus de la naissance du dos, le
 15 long du profil postérieur du cou.

L'étape suivante E57 marque les sommets de maille S_i de l'ensemble de mailles "peau du visage" comme appartenant au cou CO lorsqu'ils sont compris sensiblement entre les plans latéraux passant par les
 20 sommets supérieurs S_{sup1} et S_{sup2} et inférieurs S_{inf1} et S_{inf2} . Puis à l'étape E58, tous les autres sommets de l'ensemble "peau du visage" n'appartenant pas au cou, ainsi que tous les autres sommets dans tous les autres ensembles de maille de la tête, à l'exception
 25 de l'ensemble inférieur concernant le buste BU, sont explorés au-dessus du sommet antérieur supérieur S_{sup1} pour être marqués comme appartenant à la tête TE.

L'étape E59 détermine automatiquement un centre
 30 de rotation CRT de la tête confondu avec le centre du volume englobant les sommets de maille appartenant au cou CO. Bien que le centre de rotation CRT soit sensiblement en avant du centre de rotation réel de

la tête, l'effet visuel de la rotation de la tête obtenu ainsi est satisfaisant.

La rotation de la tête est associée à une atténuation de la rotation au niveau du cou entre les plans de traces S_{sup1} S_{sup2} et S_{inf1} S_{inf2} .

L'étape E60 détermine des ordonnées minimale et maximale Y_{min} et Y_{max} des sommets S_{sup1} , S_{sup2} , S_{inf1} et S_{inf2} définissant le cou en fonction des ordonnées Y_{sup1} , Y_{sup2} , Y_{inf1} et Y_{inf2} de ces quatre sommets telles que :

$$Y_{min} = \min(Y_{sup1}, Y_{sup2}, Y_{inf1}, Y_{inf2})$$

$$Y_{max} = \max(Y_{sup1}, Y_{sup2}, Y_{inf1}, Y_{inf2})$$

Une rotation ultérieure β_T de la tête TE, typiquement inférieure à 10° à 15° , agit complètement ($\beta'_T = \beta_T$) sur les sommets de maille situés au-dessus du plan latéral passant des sommets supérieurs S_{sup1} et S_{sup2} et de manière atténuée sur les sommets de maille S_i à l'intérieur du cou CO. Plus le sommet de maille S_i est proche du plan latéral du cou passant par les sommets inférieurs S_{inf1} et S_{inf2} , plus le déplacement angulaire β_T du sommet de maille S_i initialement prévu pour la tête TE diminue en fonction d'un rapport entre la différence de l'ordonnée Y_{Si} du sommet de maille S_i et l'ordonnée minimale et la hauteur maximale ($Y_{max} - Y_{min}$) du cou, afin que le déplacement β'_T du sommet S_i dans le cou soit:

$$\beta'_T = \beta_T \cdot \delta_T$$

$$\delta_T = \frac{(Y_{Si} - Y_{min})}{(Y_{max} - Y_{min})}$$

A titre d'exemples sont décrites ci-après deux réalisations d'un système interactif client-serveur pour la mise en oeuvre du procédé d'animation faciale selon l'invention.

5 Dans une première réalisation à vocation pédagogique montrée à la figure 16, le client CLa est un micro-ordinateur d'un élève comprenant un module d'animation MAa en tant que moyen de traitement de données dans lequel est implémenté un moteur
10 d'animation faciale selon l'invention. Le module d'animation MAa a acquis préalablement des ensembles de mailles EM et des paramètres P de la tête TE d'un "professeur" qui sont téléchargés depuis un serveur SE1 proposant plusieurs têtes de professeur à
15 l'élève. Ces ensembles de mailles et paramètres définissant la tête du professeur et téléchargés dans le module MAa sont tout ou partie des suivants :

- des ensembles de mailles EM modélisant la tête du professeur en trois dimensions selon le langage
20 VRML (Virtual Reality Modelling Language) ; et

- des paramètres P nécessaires à la définition des animations paramétriques et musculaires déjà définies dans la description précédente :

- mâchoire : S_{pd} (S_{pg}), S_{me} , S_{CO} , α_M (figure 2) ;
25 - cou : S_{inf1} , S_{inf2} , S_{sup1} , S_{sup2} (figure 2) ;
- muscles (figures 6, 7 et 12) : A, I, T, B, α (figure 10) ;

où les paramètres S_{pd} , S_{pg} , S_{me} , S_{CO} , S_{inf1} , S_{inf2} , S_{sup1} , S_{sup2} , A et I sont des sommets de maille
30 repérés chacun par un numéro de maille et un numéro de sommet de la maille,

AT et AB sont exprimés en fraction du module du vecteur $\vec{AI}$,

α_M , α sont des angles exprimés en degrés.

Le serveur SE2a du système client-serveur selon la première réalisation, faisant office de professeur, comprend une interface d'animation faciale IAF et une base de scénarii BS. L'interface IAF reçoit des messages numériques de type question ou réponse QR/CL du microphone MP ou du clavier KP du client CLa afin de les interpréter en des requêtes RQ appliquées à la base BS qui sélectionne des réponses RP selon un scénario prédéterminé. Une réponse RP est interprétée par l'interface IAF de manière à fournir d'une part un message de type question ou réponse QR/SE vers le haut-parleur HP du client CLa, d'autre part des commandes d'animation CA au module d'animation MAa pour animer la tête du professeur visualisée sur l'écran du client CLa en harmonie avec le message transmis QR/SE.

Par exemple une application du type professeur-élève selon cette première réalisation consiste à réviser des leçons par l'élève par l'intermédiaire de questions-réponses échangées avec le professeur. Dans ce type d'application, le client-élève CLa reste connecté au serveur-professeur SE2a pendant toute la session de la leçon et est complètement piloté par le serveur-professeur.

Les commandes d'animation CA ne sont pas liées au moteur d'animation contenu dans le module MAa du client et servent à commander l'animation de la tête du professeur en fonction des réponses RP fournies par la base BS. Les commandes d'animation CA ainsi que les messages QR/CL et QR/SE sont échangés entre le client CLa et le serveur SE2a selon cette première réalisation à travers un réseau de télécommunication RT ; par exemple le serveur SE2a est une application logicielle dans un site du réseau internet ou dans un serveur physique d'un réseau intranet. A titre

d'exemples non exhaustifs, les commandes d'animation CA concernent tout ou partie des animations faciales suivantes :

- tourner la tête TE de X degrés autour de l'axe OX, de Y degrés autour de l'axe OY et de Z degrés autour de l'axe OZ ;
- tourner l'oeil droit BOD ou gauche BOG de X degrés autour de l'axe OX et de Y degrés autour de l'axe OY ;
- tourner la paupière droite PAD ou gauche PAG de Q degrés autour de l'axe respectif droit APA ou gauche ;
- prononcer un texte avec une voix synthétique et amplifiée de manière à produire l'animation labiale correspondante ;
- prononcer un son de manière à produire l'animation labiale correspondante ;
- choisir une expression neutre du visage de la tête ;
- jouer une émotion, joie ou tristesse, par exemple avec un pourcentage prédéterminé.

La deuxième réalisation du système client-serveur montrée à la figure 17 est plus localisée matériellement dans un client CLb qui est un micro-ordinateur domestique installé au domicile d'un usager. Le client CLb contient également un module d'animation MAb dans lequel est implémenté un moteur d'animation selon l'invention, ainsi qu'un deuxième module logiciel, dit module conversationnel MC. Ce module MC joue un rôle sensiblement équivalent à l'interface d'animation faciale IAF selon la première réalisation et rend plus autonome le client CLb que le client CLa. Le moteur d'animation a acquis préalablement des ensembles de mailles EM et des paramètres P définissant une tête d'un animateur soit

lors de l'installation du client CLb, soit ultérieurement en consultant le premier serveur SE1. Le module conversationnel MC fait appel à de l'intelligence artificielle et joue le rôle de "confident" auprès de l'utilisateur. Ainsi ce "confident" s'occupe de tâches diverses pour la gestion du domicile de l'utilisateur, telles que la régulation en température d'une chaudière, la gestion d'un système d'alarme et/ou la participation à de la maintenance, ainsi que le recueil d'informations auprès de divers serveurs, tel que le serveur SE3 montré à la figure 7. Les serveurs SE3 mettent à disposition des bases de données, y compris de scénarii, BD pour y consulter diverses informations, telles que des horaires de cinéma, des bulletins météorologiques, des listes de restaurants, etc.

Le module conversationnel MC acquiert des réponses RP à des requêtes RQ adressées à l'un des serveurs SE3 de manière à animer la tête de l'animateur visualisée sur l'écran du client CLb en fonction de commandes d'animation CA telles que définies ci-dessus, soit en direct, soit en différé. Par exemple, si l'utilisateur souhaite connaître des horaires de cinéma ou un bulletin météorologique, il formule un message QR/CL au module conversationnel MC par l'intermédiaire du microphone MP ou du clavier KP du client CLb, et le module MC retransmet immédiatement un message de réponse QR/SE vers le haut-parleur HP du client CLb avec des commandes d'animation correspondantes CA appliquées au module MAb si le module conversationnel a déjà enregistré les horaires de cinéma ou le bulletin météorologique. Dans le cas contraire, le module conversationnel MAb interroge via un réseau de télécommunication RT, le serveur correspondant SE3 pour y lire les horaires ou

le bulletin qui seront ensuite transmis en différé à l'usager à travers le module d'animation MAb afin que l'usager consulte en soirée les horaires du cinéma, ou au réveil le bulletin météorologique

5 Dans cette deuxième réalisation, le client matériel CLb présente un modèle client-serveur de traitement entre les modules MAb et MC, et une combinaison client-serveur de données avec le serveur SE3.

10 Ces deux réalisations de système client-serveur présentées ci-dessus n'ont avantageusement aucune contrainte temporelle puisque les commandes d'animation CA pour le module d'animation MAa, MAb ne sont pas prédéfinies mais sont exécutées en temps
15 réel en fonction des messages QR/SE du "serveur" IAF, MC. Les commandes d'animation sont synchronisées au niveau du module d'animation MAa, MAb du client, et non au niveau du serveur, ce qui évite tout décalage temporel entre la diction et l'animation labiale.

20

REVENDICATIONS

1 - Procédé pour animer une tête imagée en trois dimensions (TE) acquise dans un moyen de traitement
5 de données sous forme d'ensembles de mailles parmi lesquels un ensemble de lèvres, au moyen de muscles faciaux modélisés, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes de :

- distinguer (E1) des lèvres inférieure et
10 supérieure (LI, LS) dans l'ensemble de lèvres (LE) en fonction de sommets de maille (S_{exg} , S_{exd} , S_{ing} , S_{ind}) au niveau d'une frontière de commissure de lèvre et d'ouverture de bouche (BO),

- déterminer (E3) des zones inférieure et
15 supérieure (ZI, ZS) de la tête partagées sensiblement par au moins ladite frontière, et

- constituer (E4) un premier groupe (G1) de muscles modélisés (M2, M3G, M3D, M4G, M4D) s'étendant vers la lèvre supérieure (LS) et ayant des zones
20 d'influence sécantes au moins deux à deux situées dans la zone supérieure (ZS) pour déplacer des sommets de maille dans la lèvre supérieure (LS) et sous le nez (NE) de la tête, et un deuxième groupe (G2) de muscles modélisés (M6G, M6D, M7G, M7D, M8)
25 s'étendant vers la lèvre inférieure (LI) et ayant des zones d'influence sécantes au moins deux à deux situées dans la zone inférieure (ZI) pour déplacer des sommets de maille dans la lèvre inférieure (LI) et dans le menton (ME) de la tête.

30

2 - Procédé conforme à la revendication 1, selon lequel à l'étape de constituer (E4) est constitué un autre groupe (G5) de muscles modélisés (M5G, M5D)
35 s'étendant respectivement jusqu'aux commissures de lèvres (S_{exg} , S_{exd}) et ayant des zones d'influence

indépendantes pour déplacer respectivement et indépendamment en opposition des sommets de maille vers l'extérieur des commissures de lèvres.

5 3 - Procédé conforme à la revendication 1 ou 2, selon lequel à l'étape de constituer (E4) est constitué un autre groupe (G5) de muscles modélisés (M9G, M9D, M9F) attachés au milieu de la bouche et ayant des zones d'influence indépendantes pour
10 déplacer respectivement et indépendamment des sommets de maille vers les commissures (S_{exg} , S_{exd}) de lèvres et vers l'intérieur de la bouche (BO).

15 4 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendication 1 à 3, selon lequel l'étape de distinguer (E1) comprend les étapes suivantes de :

 - repérer (E11) des sommets de maille en périphérie de l'ensemble de lèvres (LE) pour définir des contours intérieur et extérieur (C_{in} , C_{ex}) des
20 lèvres,

 - détecter (E12, E13) des sommets de maille (S_{exg} , S_{ing} , S_{ind} , S_{exd}) les plus extrêmes latéralement sur les contours intérieur et extérieur (C_{in} , C_{ex}),

25 - marquer (E14, E15) des sommets de maille strictement inférieurs à l'un des segments de commissures de lèvres définis par les sommets précédemment détectés, comme appartenant à la lèvre inférieure LI,

30 - marquer récursivement (E16, E17) tous les sommets de maille non marqués en commençant par des sommets voisins d'un sommet inférieur (S_{inf}) de la lèvre inférieure (LI), comme appartenant à la lèvre inférieure, et

- marquer (E18) tous les autres sommets non marqués dans l'ensemble de lèvres (LE) n'appartenant pas à la lèvre inférieure (LI) comme appartenant à la lèvre supérieure (LS).

5

5 - Procédé conforme à la revendication 4, selon lequel l'étape de déterminer (E3) comprend les étapes suivantes de :

- déterminer (E32) le milieu (MB) d'un segment
10 entre les sommets externes (S_{exg} , S_{exd}) comme les plus extrêmes latéralement détectés sur le contour extérieur (C_{ex}) des lèvres,

- déterminer (E33) des sommets d'axe de pivotement de mâchoire (S_{pg} , S_{pd}),

15 - marquer (E34) tous les sommets situés sous une ligne brisée joignant les sommets d'axe de pivotement (S_{pg} , S_{pd}) à travers le segment entre les sommets externes (S_{exg} , S_{exd}) comme appartenant à la zone inférieure (ZI), et

20 - marquer (E35) tous les autres sommets de maille de la tête comme appartenant à la zone supérieure (ZS).

6 - Procédé conforme à l'une quelconque des
25 revendications 1 à 5, selon lequel un muscle modélisé est défini par une zone d'influence conique (ZN) ayant un angle d'ouverture α , caractérisé en ce qu'un sommet de maille (S_i) compris dans la zone d'influence est soumis à un vecteur de déplacement
30 ($\vec{\delta S_i}$) qui est dirigé vers le sommet (A) de la zone d'influence conique en faisant un angle β avec l'axe (AI) de la zone d'influence et qui est proportionnel à un coefficient d'atténuation angulaire δ_A tel que :

$$\delta_A = \frac{\cos \beta - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}.$$

7 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6, selon lequel, lorsque le sommet
5 de maille (SC) est situé dans plusieurs zones d'influence sécantes (ZN_1 , ZN_2 , ZN_3) de muscles (A_1I_1 , A_2I_2 , A_3I_3), le sommet de maille (S_i) est déplacé d'un vecteur de déplacement (δS_i) déterminé en additionnant des vecteurs de déplacement résultant
10 de l'action desdits muscles afin d'obtenir un vecteur résultant, puis en tronquant le vecteur résultant afin que le vecteur résultant ait un module égal au plus grand module des vecteurs de déplacement des muscles.

15

8 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 7, selon lequel est constitué un groupe ($G3$; $G4$) de muscles frontaux modélisés ($M10G$, $M11G$, $M12G$, $M10D$, $M11D$, $M12D$) respectivement
20 s'étendant vers le bas sensiblement jusqu'à une extrémité externe, au milieu et à une extrémité interne d'un sourcil (SG ; SD), et ayant des zones d'influence sécantes au moins deux à deux pour déplacer des sommets de maille au moins dans le
25 sourcil.

9 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendication 1 à 8, comprenant une étape de détermination de paramètres ($E5$) pour animer au moins
30 l'un des organes suivants : un oeil (BOG , BOD), une paupière (PAG , PAD), une mâchoire inférieure (MA), un cou (CO).

10 - Procédé conforme à la revendication 1 à 9, comprenant une étape (E51) de déterminer un centre de rotation (RO) d'un oeil en tant que milieu d'un segment ayant pour extrémités deux sommets de maille
 5 les plus éloignés dans un ensemble de mailles relatif au blanc de l'oeil (BOD).

11 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendication 1 à 10, comprenant une étape (E52) de
 10 déterminer un axe de rotation (APA) d'une paupière passant par deux sommets de maille les plus éloignés dans un ensemble de mailles (PAD) relatif à ladite paupière.

15 12 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendication 1 à 11, comprenant les étapes de :

- déterminer (E53) des sommets de maille en tant que sommets d'axe de pivotement de mâchoire (S_{pg} , S_{pd}), sommet mentonnier (S_{me}) et sommet de transition
 20 tête-cou (S_{CO}) pour définir un angle d'articulation de mâchoire AM,

- déterminer (E54) un secteur angulaire prédéterminé α_M inférieur au secteur d'articulation AM contenu dans celui-ci et ayant un côté inférieur
 25 (S_{pd} , S_{CO}) commun avec celui-ci, et

- marquer (E55) des sommets de maille compris sensiblement dans le secteur angulaire d'articulation AM, afin qu'une rotation de la mâchoire (MA) agisse complètement sur des sommets de maille situés dans un
 30 secteur angulaire AM - α_M et de manière atténuée sur des sommets de maille à l'intérieur du secteur angulaire α_M de sorte que, lorsque la distance angulaire α_i entre un sommet de maille et le côté inférieur commun (S_{pd} , S_{CO}) diminue, le sommet de

maille soit déplacé en fonction d'un coefficient d'atténuation tel que :

$$1 - \cos\left(\frac{\alpha_i}{\alpha_M} \frac{\pi}{2}\right).$$

5

13 - Procédé conforme à l'une quelconque des revendication 1 à 12, comprenant les étapes de :

- déterminer (E56) des sommets antérieurs supérieur et inférieur (S_{sup1} , S_{inf1}) et postérieurs supérieur et inférieur (S_{sup2} , S_{inf2}) du cou (CO) ;
- marquer (E57) des sommets de maille compris sensiblement entre des plans latéraux passant par les sommets supérieurs et inférieurs (S_{sup1} , S_{sup2} , S_{inf1} , S_{inf2}) comme appartenant au cou ;
- marquer (E58) tous les sommets de maille dans la tête qui n'appartiennent pas au cou ;
- déterminer (E59) un centre de rotation (CRT) de la tête comme centre du volume englobant les sommets de maille appartenant au cou ;
- déterminer (E60) des ordonnées minimale et maximale Y_{min} et Y_{max} des sommets supérieurs et inférieurs du cou, afin qu'une rotation ultérieure de la tête (TE) agisse complètement sur des sommets de maille situés au-dessus du plan latéral passant par les sommets supérieurs (S_{sup1} , S_{sup2}) et de manière atténuée sur les sommets de maille à l'intérieur du cou (CO) de sorte que plus le sommet de maille (S_i) d'ordonnée Y_{Si} est proche du plan latéral passant par les sommets inférieurs (S_{inf1} , S_{inf2}), plus le déplacement angulaire du sommet de maille diminue en fonction d'un rapport tel que :

$$\frac{(Y_{Si} - Y_{min})}{(Y_{max} - Y_{min})}$$

14 - Système client-serveur, caractérisé en ce que le client (CLa) comprend un moyen de traitement de données (MAa) ayant acquis une tête imagée en trois dimensions (TE) sous forme d'ensembles de mailles (EM) et de paramètres (P) selon le procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 13, pour animer la tête en fonction de commandes d'animation (CA), et le serveur (SE2a) est un serveur de traitement pour convertir des réponses (RP) lues dans une base de données (BS) adressée par des requêtes (RQ) correspondant à des messages (QR/CL) transmis par le client (CLa), en des messages (QR/SE) et des commandes d'animation (CA) transmis au client (CLa).

15 - Système client-serveur, caractérisé en ce que le serveur (SE3) est un serveur de base de données, et le client (CLb) comprend un moyen de traitement de données (MAb) ayant acquis une tête imagée en trois dimensions (TE) sous forme d'ensembles de mailles (EM) et de paramètres (P) selon le procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 13, pour animer la tête en fonction de commandes d'animation (CA), et comprend également un moyen conversationnel (MC) pour convertir des réponses (RP) lues dans le serveur de base de données (SE3) adressé par des requêtes (RQ) correspondant à des messages (QR/CL) fournies dans le client, en des messages (QR/SE) appliqués dans le client et des commandes d'animation (CA) transmises au moyen de traitement de données (MAb).

16 - Système client-serveur conforme à la revendication 14 ou 15, dans lequel les ensembles de

mailles (EM) et les paramètres (P) sont sélectionnés et acquis depuis un serveur prédéterminé (SE1).

17 - Système client-serveur conforme à l'une
5 quelconque des revendications 14 à 16, dans lequel les ensembles de mailles et les paramètres sont tout ou partie des suivants : des ensembles de mailles (EM) modélisant la tête (TE) en trois dimensions ; des paramètres (P) nécessaires à la définition
10 d'animations notamment de la mâchoire (S_{pd} (S_{pg}), S_{me} , S_{CO} , α_M), du cou (S_{inf1} , S_{inf2} , S_{sup1} , S_{sup2}) et de muscles (A , I , T , B , α).

18 - Système client-serveur conforme à l'une
15 quelconque des revendications 14 à 17, dans lequel les commandes d'animation (CA) concernent tout ou partie des animations faciales suivantes : tourner la tête (TE), tourner un oeil (BOD, BOG), tourner une paupière (PAD, PAG), prononcer un texte, prononcer un
20 son, choisir une expression neutre du visage de la tête, jouer une émotion.

1/16

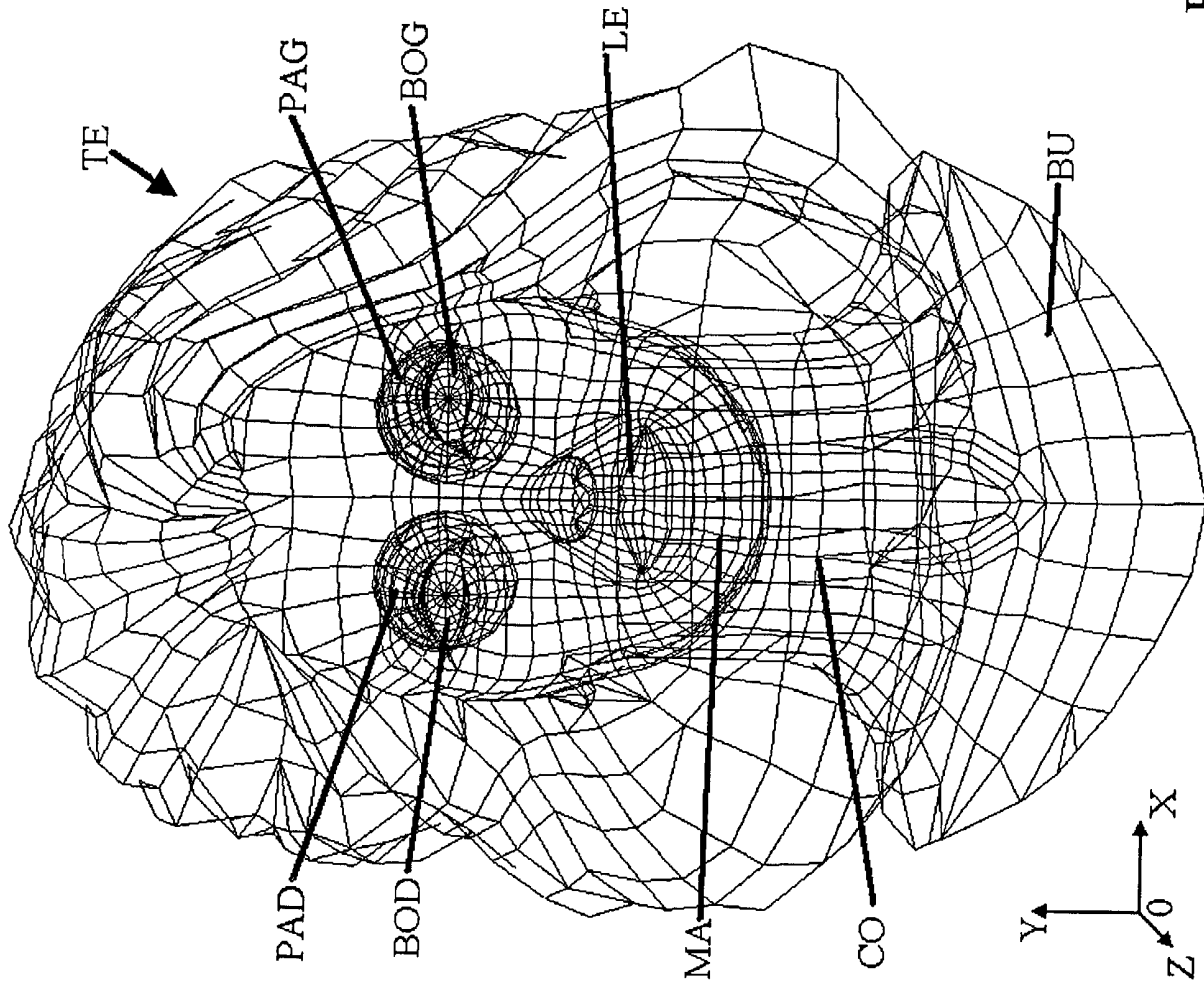
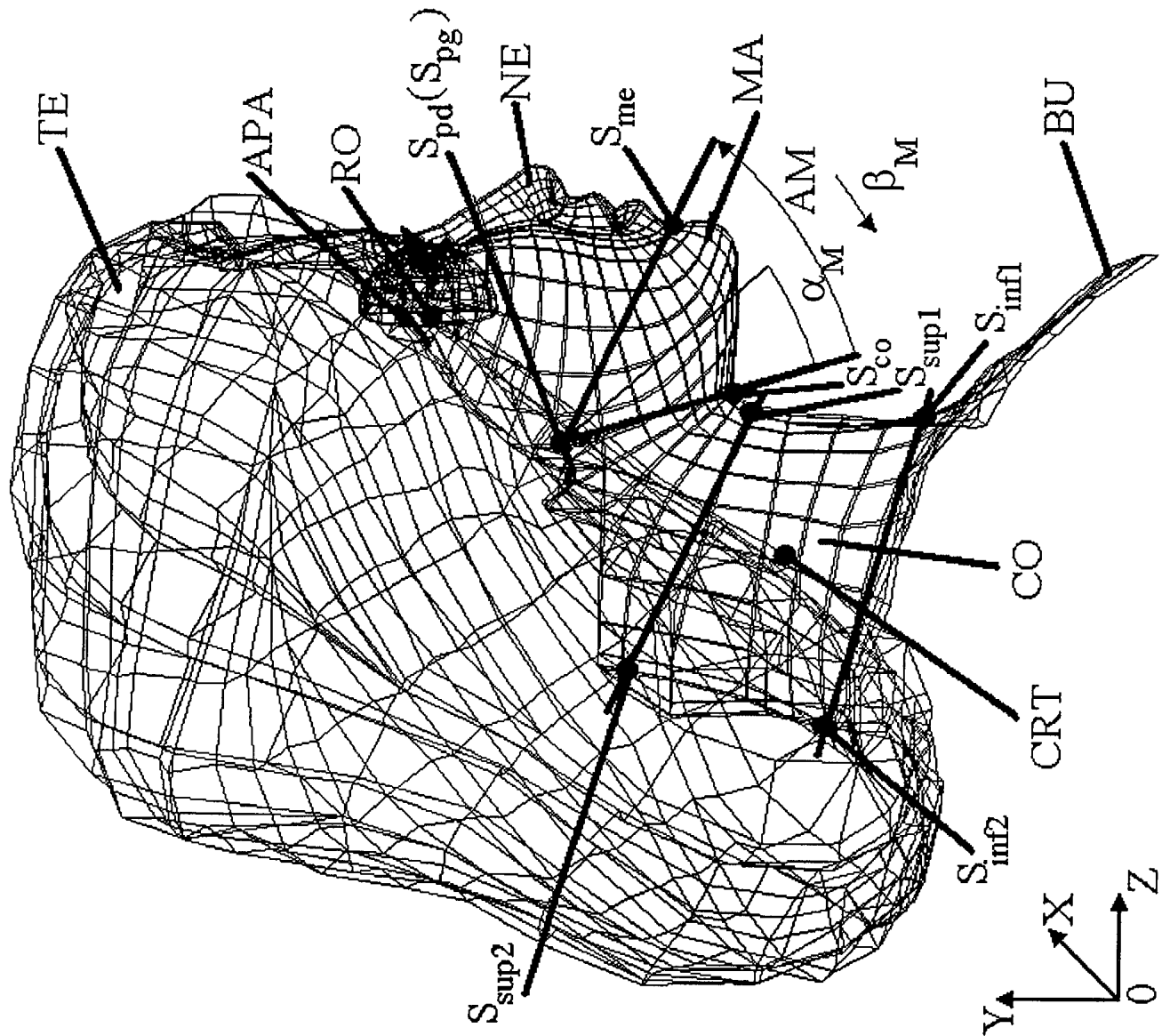


FIG. 1

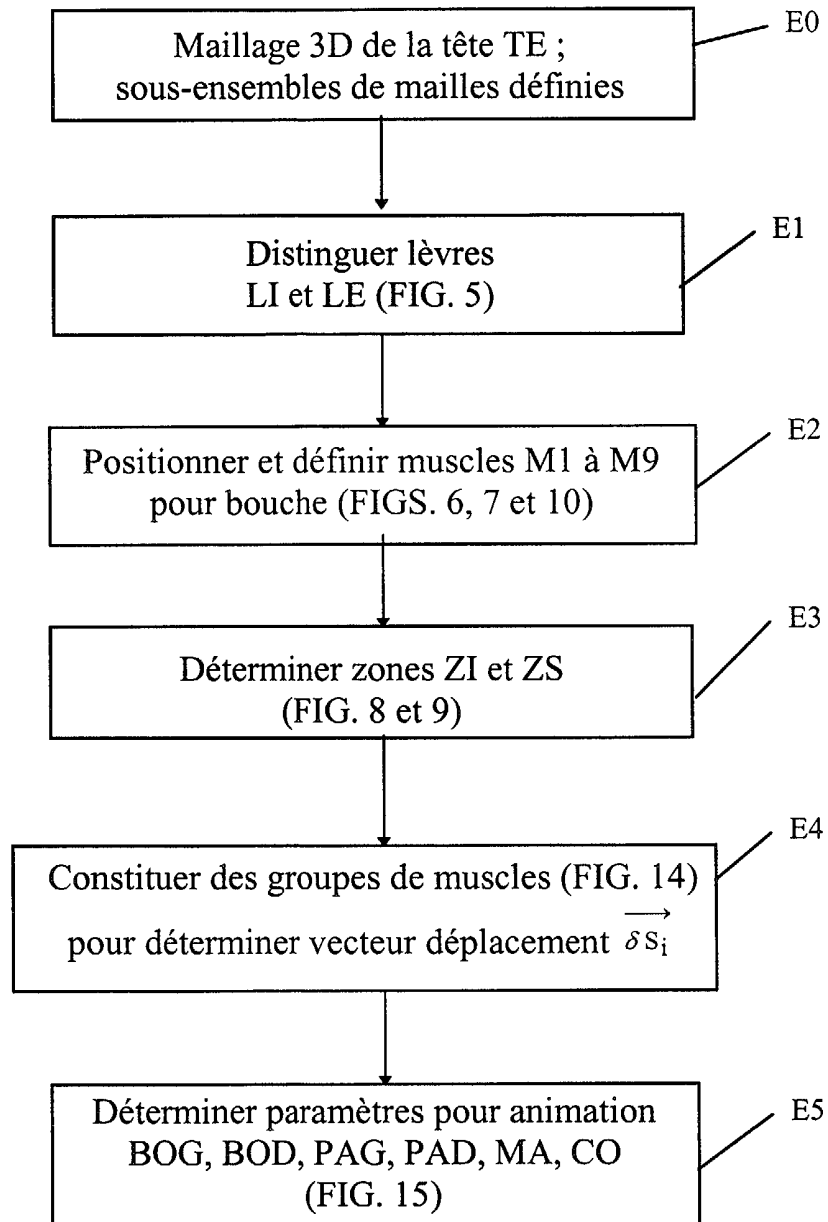
2/16

FIG.2



3/16

FIG. 3



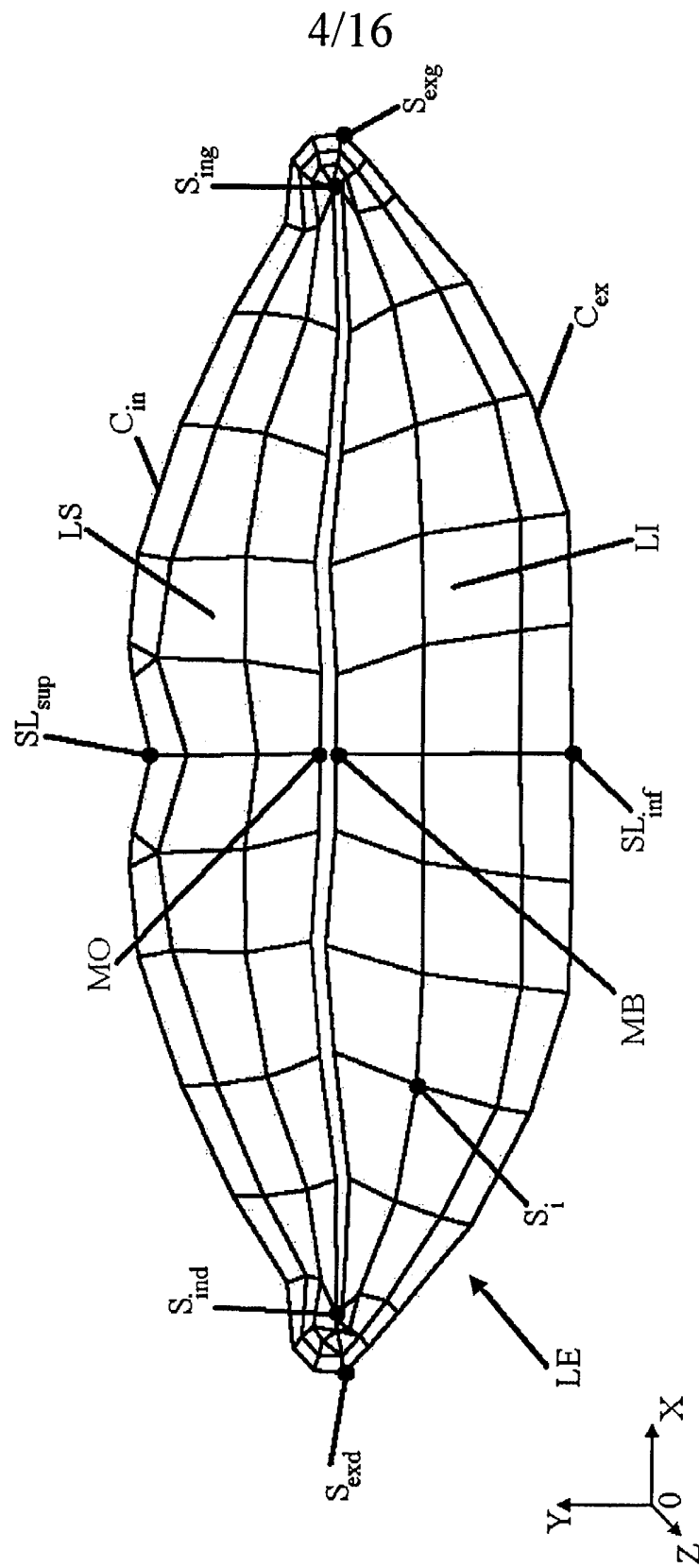
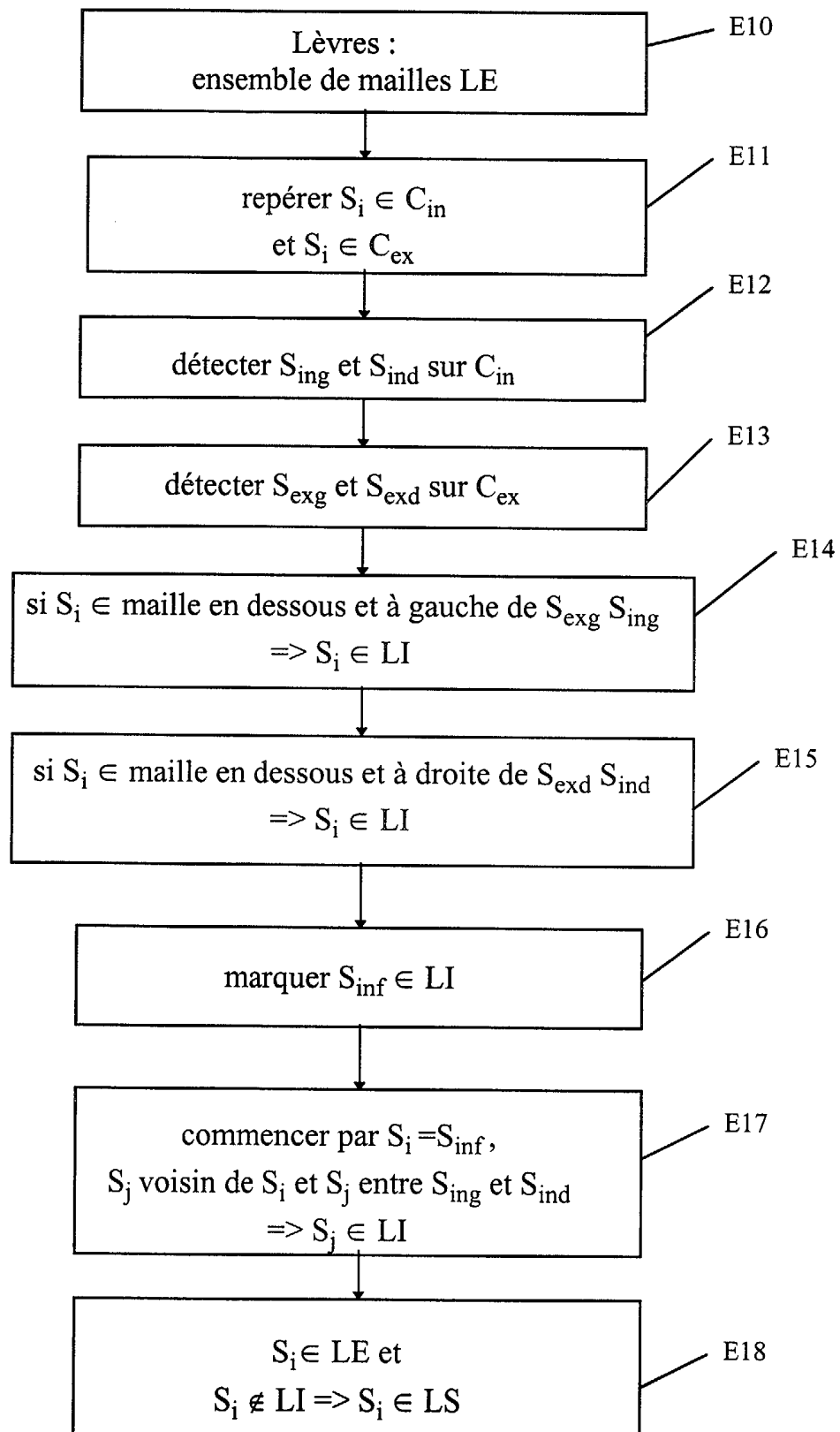


FIG. 4

5/16

FIG. 5
E1

6/16

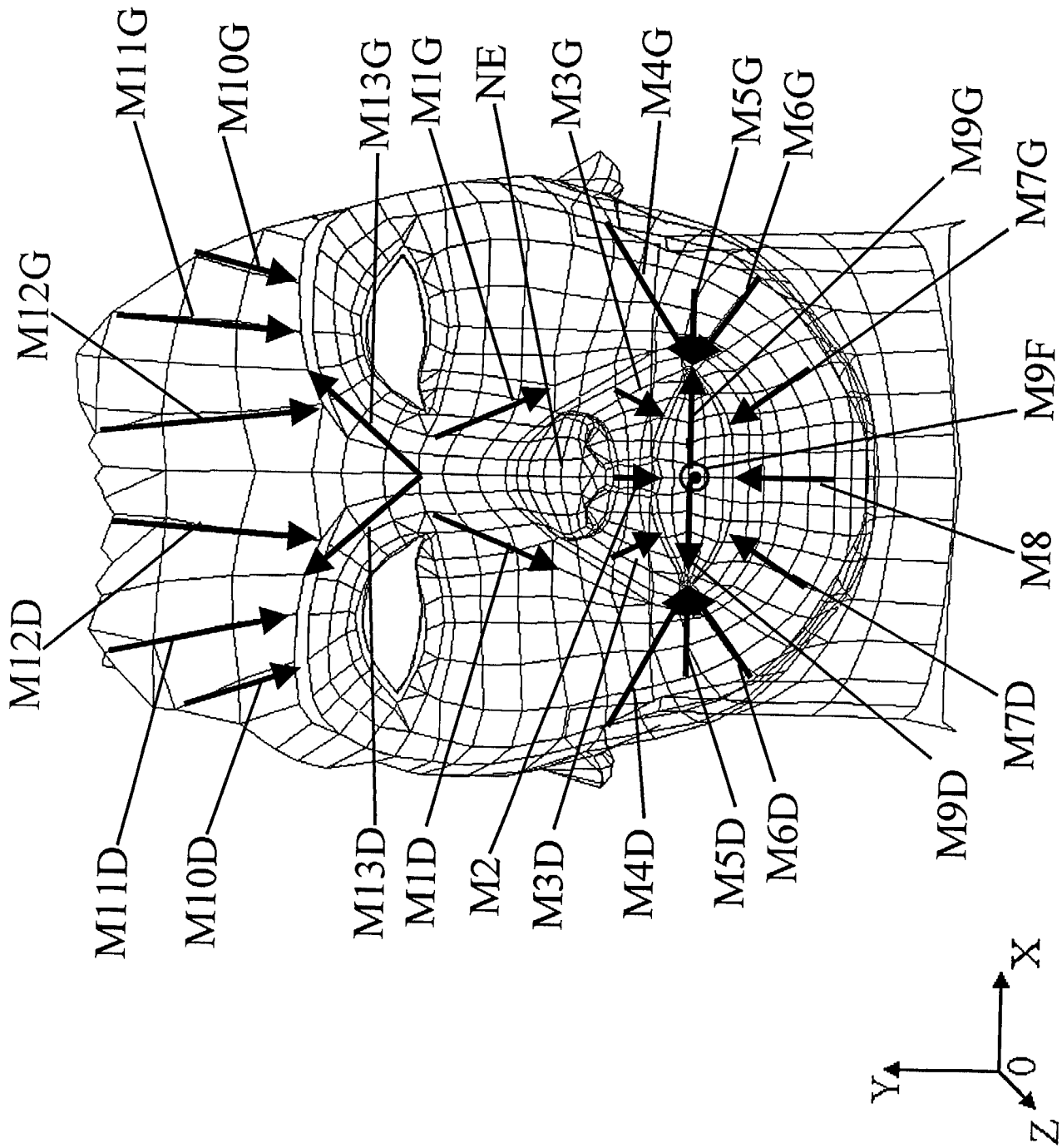


FIG. 6

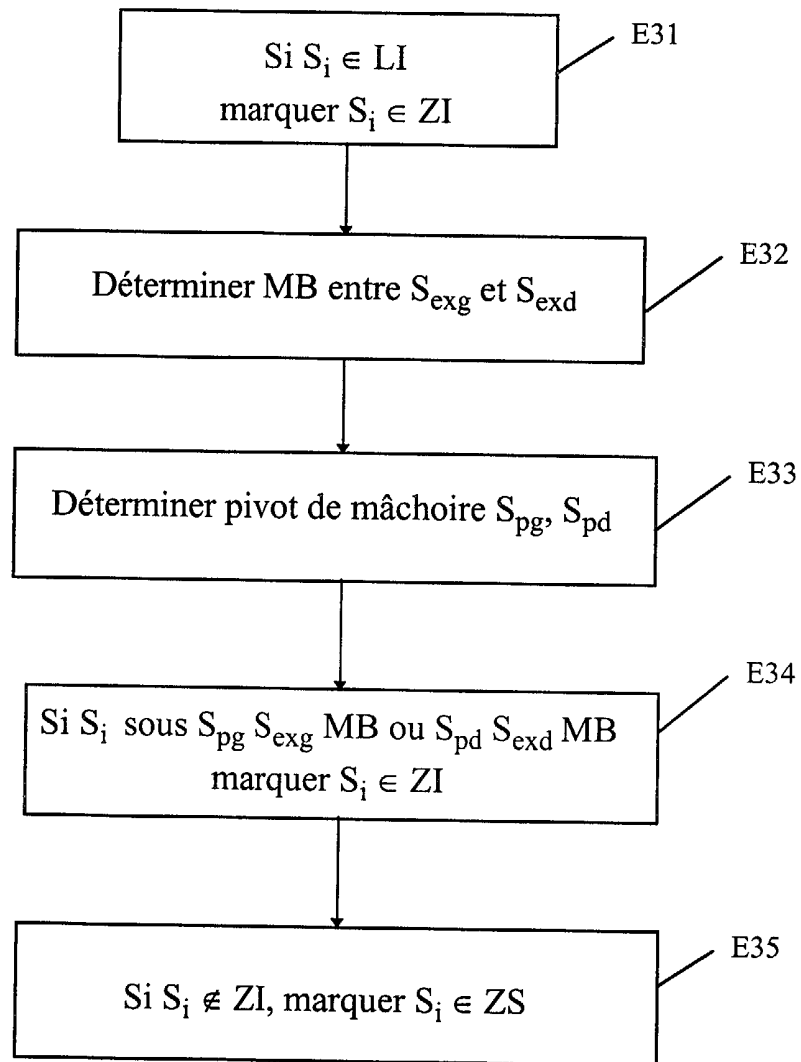
FIG. 7

Repère	Nom	Fonction : "Déplacement vers"	Zone
M1G	muscle labial nasal interne gauche	Haut de l'aile gauche du nez	ZI, ZS
M1D	muscle labial nasal interne droit	Haut de l'aile droite du nez	ZI, ZS
M2	muscle releveur labial	Haut du milieu de la lèvre supérieure	ZS
M3G	muscle labial nasal gauche	Haut et gauche de la lèvre supérieure	ZS
M3D	muscle labial nasal droit	Haut et droite de la lèvre supérieure	ZS
M4G	grand zygomatique gauche	Haut et gauche de la lèvre supérieure	ZI, ZS
M4D	grand zygomatique droit	Haut et droite de la lèvre supérieure	ZI, ZS
M5G	muscle risorius gauche	Gauche des lèvres	ZI, ZS
M5D	muscle risorius droit	Droite des lèvres	ZI, ZS
M6G	muscle déprimeur angulaire gauche	Bas et gauche de la lèvre inférieure	ZI, ZS
M6D	muscle déprimeur angulaire droit	Bas et droite de la lèvre inférieure	ZI, ZS
M7G	muscle triangulaire gauche	Bas et droite de la lèvre inférieure	ZI
M7D	muscle triangulaire droit	Bas et gauche de la lèvre inférieure	ZI
M8	muscle mentonnier	Bas du milieu de la lèvre inférieure	ZI
M9G	muscle orbiculaire gauche	Milieu de la bouche de la partie gauche des lèvres	ZI, ZS
M9D	muscle orbiculaire droit	Milieu de la bouche de la partie droite des lèvres	ZI, ZS
M9F	muscle orbiculaire frontal	Extérieur de la bouche des lèvres	ZI, ZS

8/16

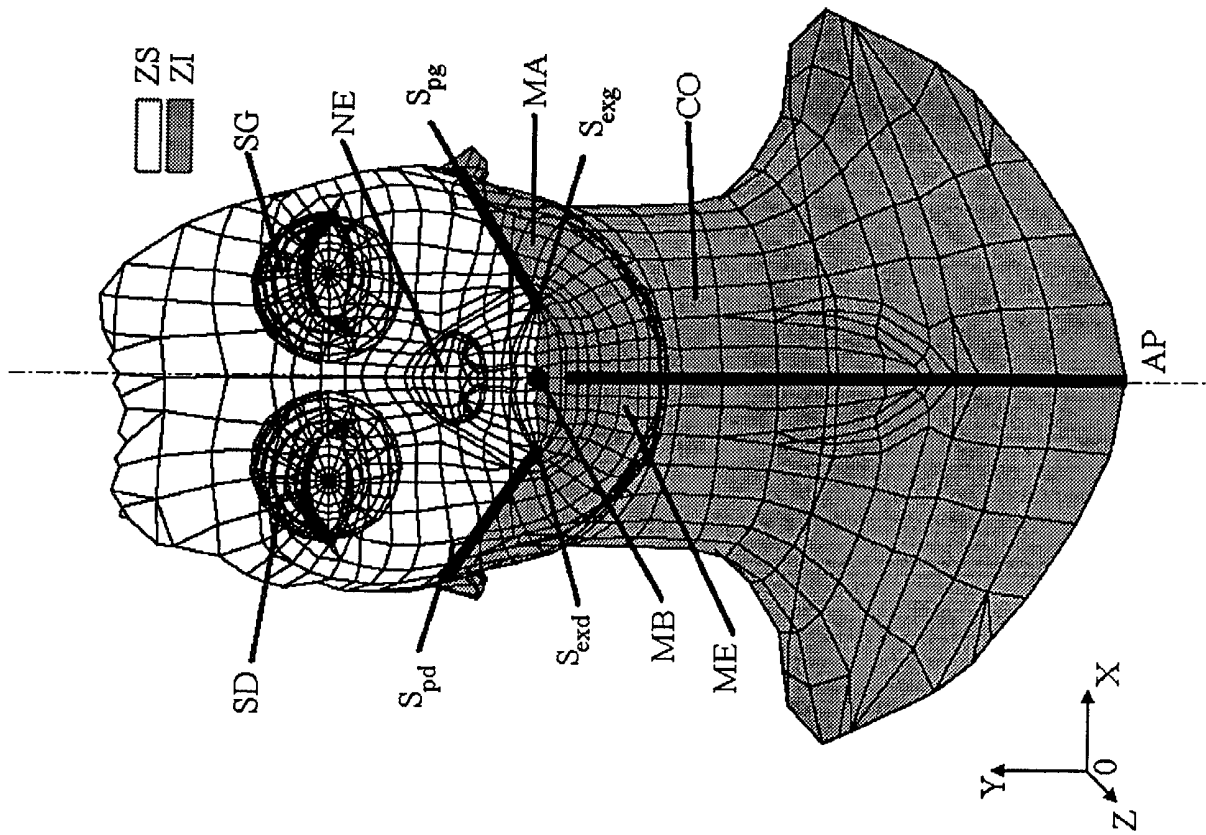
FIG. 8

E3



9/16

FIG. 9



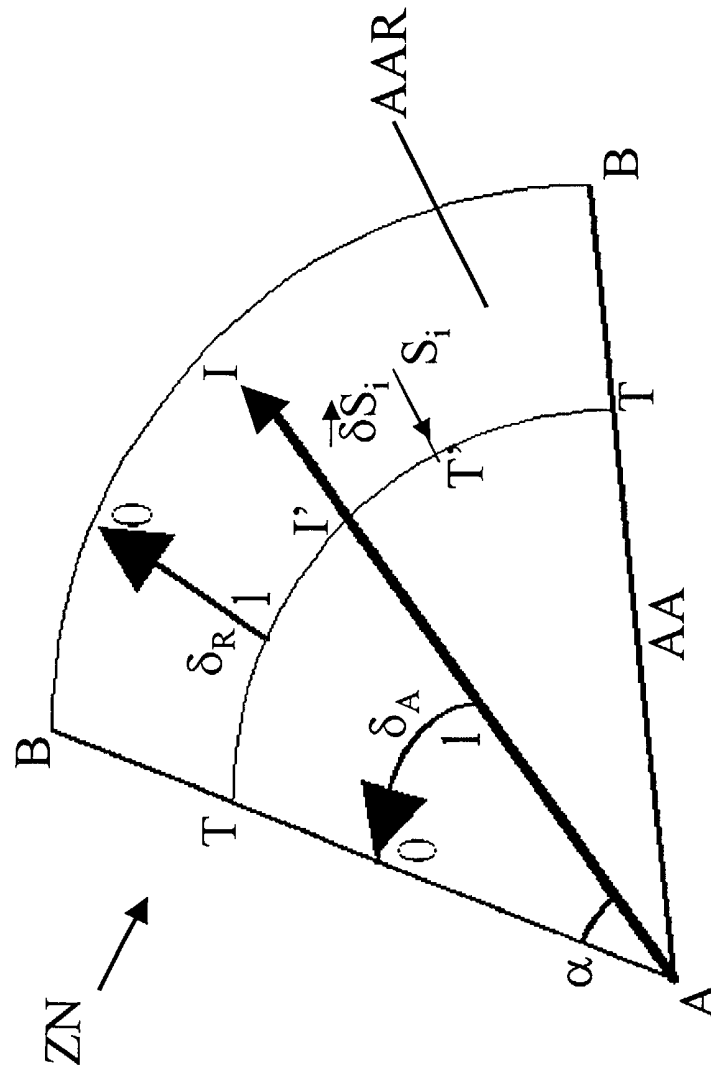


FIG. 10

11/16

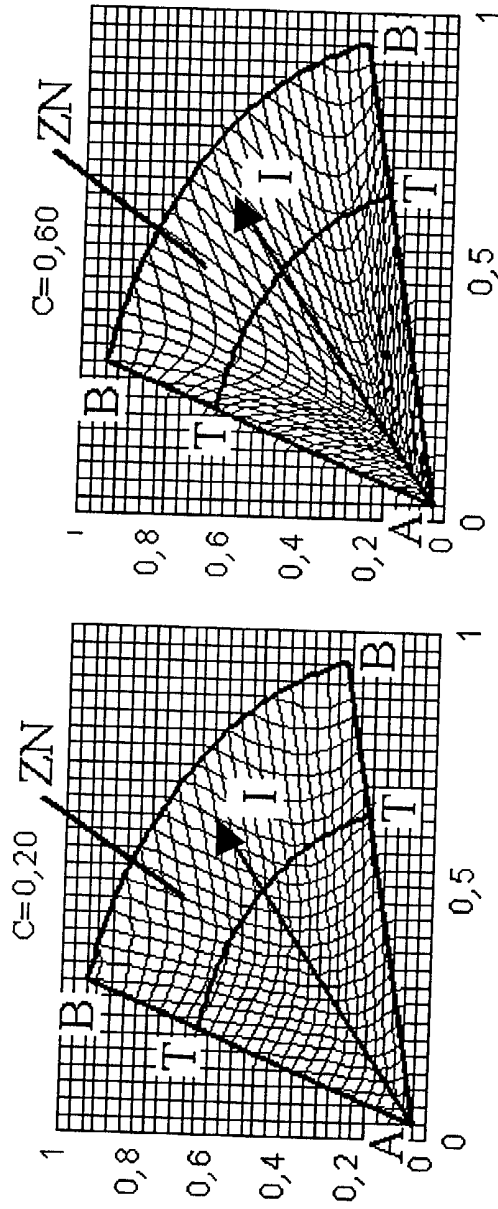


FIG. 11A

FIG. 11B

FIG. 12

Repère	Nom	Fonction : "Déplacement vers"	Zone
M10G	muscle frontal externe gauche	Haut de l'extérieur du sourcil gauche	ZI, ZS
M10D	muscle frontal externe droit	Haut de l'extérieur du sourcil droit	ZI, ZS
M11G	grand frontal gauche	Haut du milieu du sourcil gauche	ZI, ZS
M11D	grand frontal droit	Haut du milieu du sourcil droit	ZI, ZS
M12G	frontal interne gauche	Haut de l'intérieur du sourcil gauche	ZI, ZS
M12D	frontal interne droit	Haut de l'intérieur du sourcil droit	ZI, ZS
M13G	corrugateur latéral gauche	Bas et milieu du sourcil gauche	ZI, ZS
M13D	corrugateur latéral droit	Bas et milieu du sourcil droit	ZI, ZS

FIG. 14

Repère	Groupe	Muscles	Nombre
G1	lèvre supérieure LS	M2, M3G, M3D, M4G, M4D	5
G2	lèvre inférieure LI	M6G, M6D, M7G, M7D, M8	5
G3	frontal gauche	M10G, M11G, M12G	3
G4	frontal droit	M10D, M11D, M12D	3
G5	autres	M1G, M1D, M5G, M5D, M9G, M9D, M9F, M13G, M13D,	9

13/16

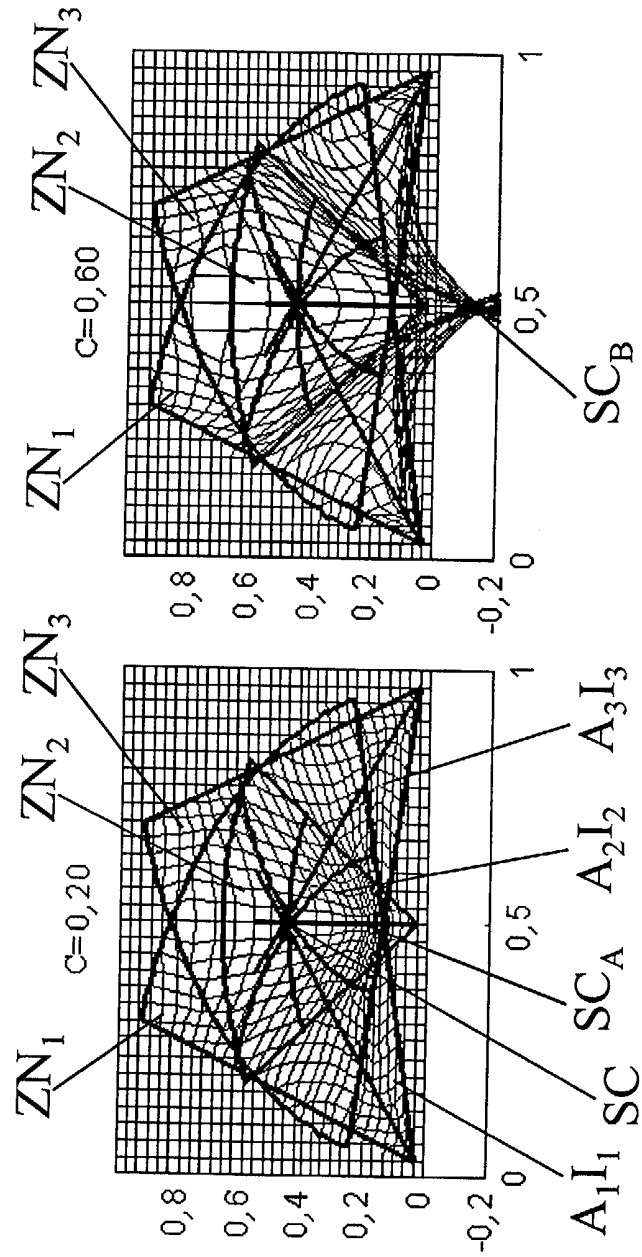
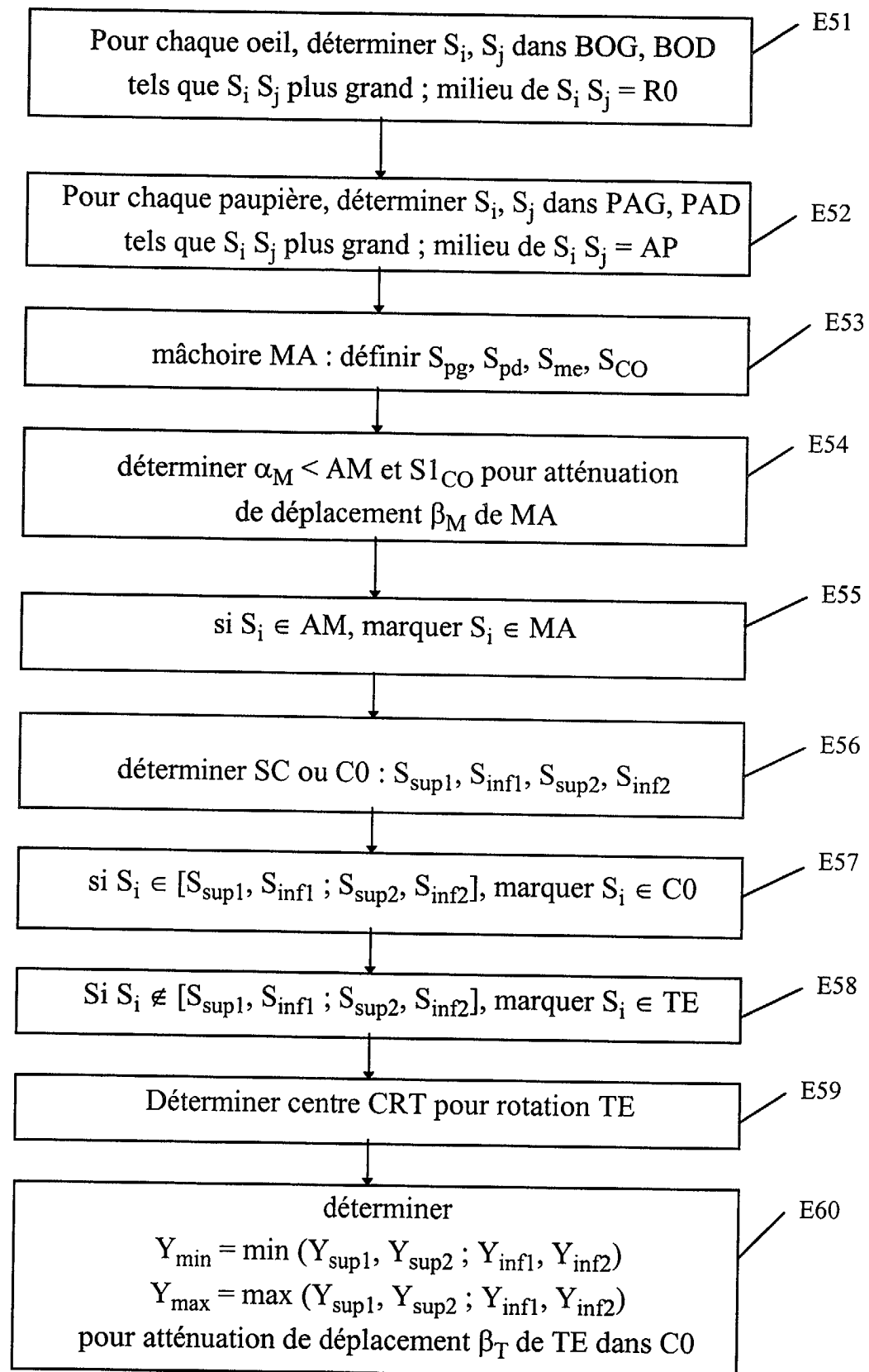


FIG. 13B

FIG. 13A

14/16

FIG. 15



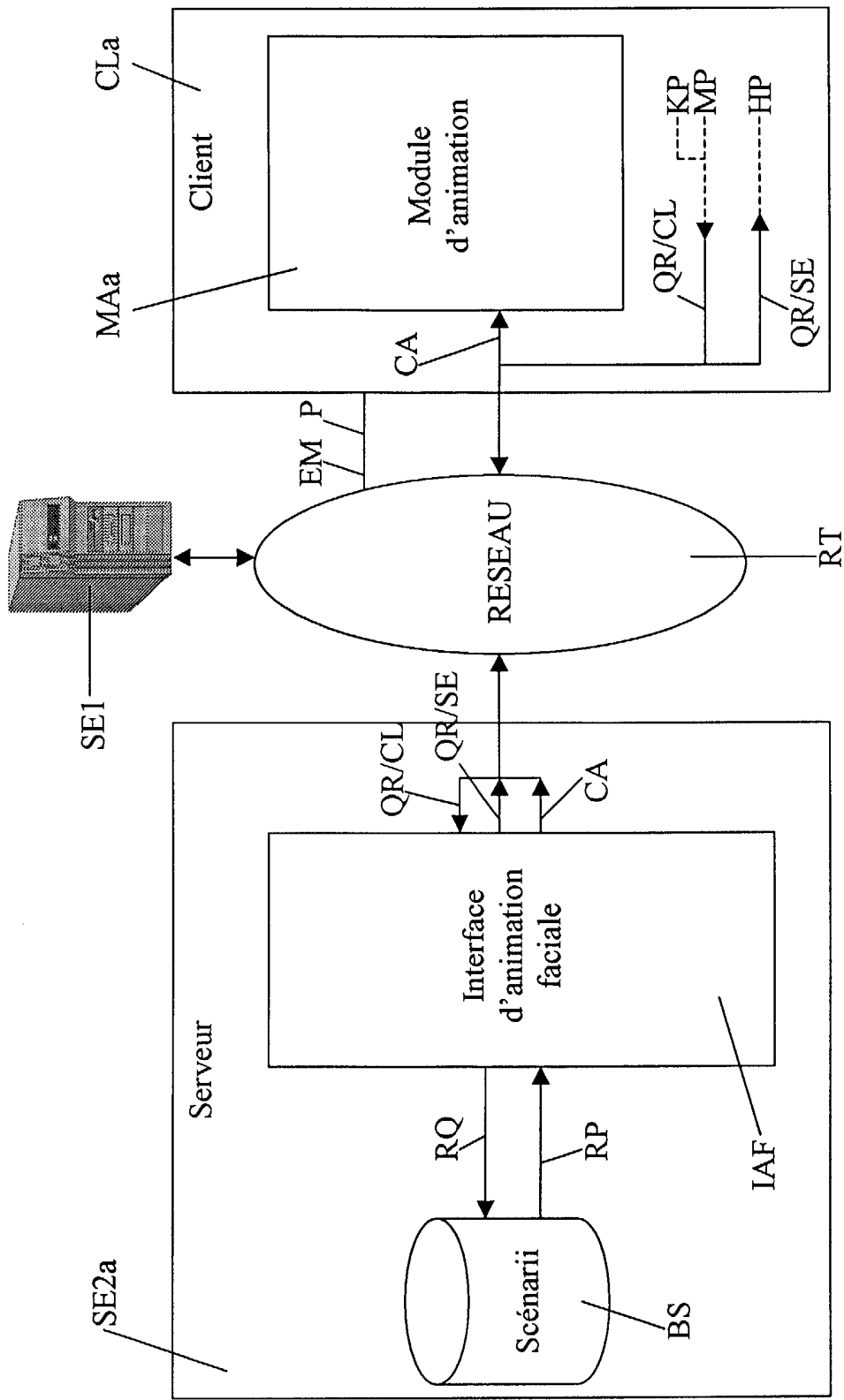


FIG. 16

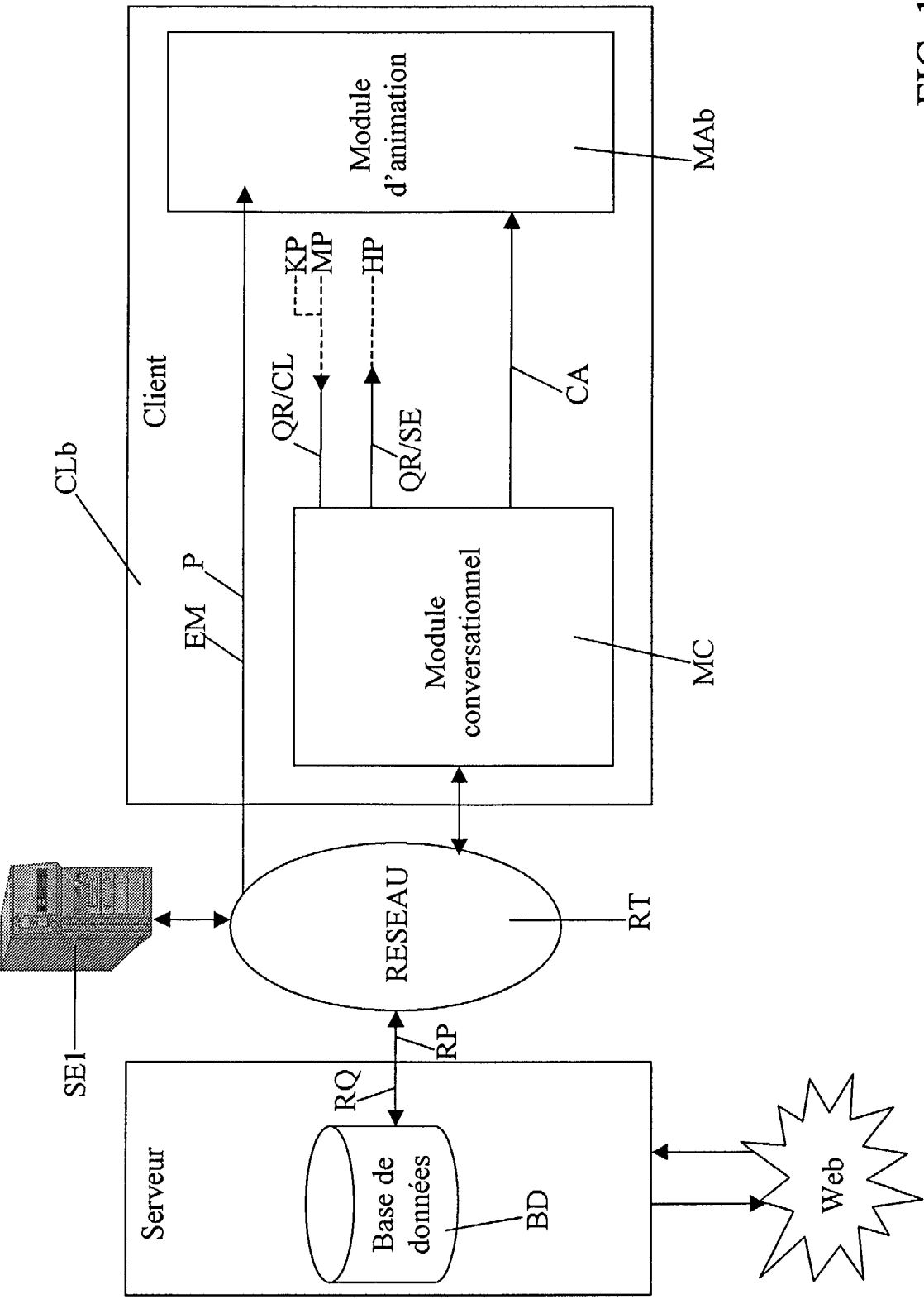


FIG. 17

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

2811792

N° d'enregistrement
national

FA 590542
FR 0009437

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	TERZOPOULOS D ET AL: "ANALYSIS AND SYNTHESIS OF FACIAL IMAGE SEQUENCES USING PHYSICAL AND ANATOMICAL MODELS" IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 15, no. 6, 1 juin 1993 (1993-06-01), pages 569-579, XP000369961 ISSN: 0162-8828 * figures 4,6 * * page 572, colonne de droite, alinéa C - dernière ligne * * page 576, colonne de gauche, alinéa D - dernière ligne *	1-3	G06T17/20 H04N7/15 H04N7/18 G06T3/00
Y	---	6,7	
Y	K. WATERS: "A muscle model for animating three-dimensional facial expression" COMPUTER GRAPHICS, vol. 21, no. 4, 1 juillet 1987 (1987-07-01), pages 17-24, XP000989415 * page 19, colonne de gauche, alinéa 5 - page 22, colonne de droite, dernière ligne; figures 3-7 *	6,7	
A	---	1-5,8-13	
X	YUONG-WEI L ET AL: "A three-dimensional muscle-based facial expression synthesizer for model-based image coding" SIGNAL PROCESSING. IMAGE COMMUNICATION,NL,ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, vol. 8, no. 4, 1 mai 1996 (1996-05-01), pages 353-363, XP004069966 ISSN: 0923-5965 * figures 2-6 * ---	1-3,11	
	--- -/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 avril 2001		Diallo, B	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant			

9

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 590542
FR 0009437

9