

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 144 888**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **23 00171**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **G 06 T 11/00 (2023.01), G 06 T 1/40, G 06 V 40/00**

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.01.23.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 12.07.24 Bulletin 24/28.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : L'OREAL SA — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BOKARIS Panagiotis-alexandros,  
DESPOIS JULIEN, JOUNI Hussein et WU JUN SHEL-  
DON.

⑦3 Titulaire(s) : L'OREAL SA.

⑦4 **Matériau(s) : modélisation et d'évaluation de  
l'évolution des signes de l'âge chez un utilisateur.**

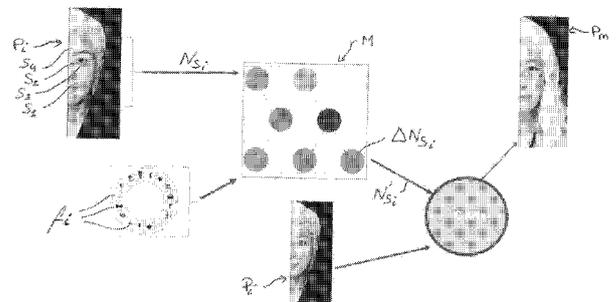
⑦5 Procédé de modélisation et d'évaluation de l'évolution

des signes de l'âge chez un utilisateur

La présente invention se rapporte à un procédé mis en œuvre par ordinateur pour la modélisation et l'évaluation de

l'évolution des signes de l'âge (S1, S2, S3, S4) chez un utilisateur comprenant les étapes suivantes visant à :- recevoir des données correspondant à un ensemble de pixels d'une image (Pi) d'une zone corporelle d'un utilisateur porteuse généralement d'au moins un signe visible de vieillissement, - attribuer une note de sévérité (Nsi) au signe visible de vieillissement de ladite zone corporelle, - modifier la note de sévérité (N'si) en fonction d'une valeur d'au moins un facteur de vieillissement (fi).

Figure pour l'abrégé : Fig. 1



FR 3 144 888 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Procédé de modélisation et d'évaluation de l'évolution des signes de l'âge chez un utilisateur.**

- [0001] La présente invention se rapporte à un procédé de modélisation, de prédiction et d'évaluation de l'évolution de signes de vieillissement de la peau d'un utilisateur, ainsi qu'à un système correspondant mis en œuvre par ordinateur permettant de simuler virtuellement ladite évolution sur une image de l'utilisateur.
- [0002] De nombreuses personnes sont intéressées de connaître dans quelle mesure leur peau est susceptible d'évoluer au cours du temps et notamment de présenter des signes visibles de leur âge plus ou moins marqués. Par signes de vieillissement de la peau, on entend par exemple les rides ou les tâches brunes. Cela peut être par simple curiosité ou dans le but de prendre des mesures préventives notamment par l'application d'un traitement cosmétique ou thérapeutique voire en modifiant ses habitudes de vie quand cela est possible.
- [0003] En effet, la présence de rides ou de tâches sur la peau, et en particulier sur des surfaces de peau généralement découvertes et donc visibles telles que celle du visage ou des mains, pose souvent des problèmes d'esthétique qui, selon les personnes, peuvent être plus ou moins difficiles à vivre.
- [0004] L'évolution dans le temps de tels signes de l'âge dépend de nombreux facteurs, tant internes, propres à l'individu (type de peau, génétique) qu'externes (pollution, exposition UV, tabagisme) qui peuvent être difficiles à appréhender et rendent de telles projections complexes.
- [0005] Une méthode encore utilisée relativement récemment consistait à recourir à des atlas comprenant un ou plusieurs ensembles de photos pour différents types de peau à différentes étapes temporelles (*Atlas du Vieillissement Cutané publiés en 5 volumes : Roland Bazin, Frédéric Flament, Huixia Qiu : Skin Aging Atlas. Volume 5, Photo-aging Face & Body. Octobre 2017; Roland Bazin, Frédéric Flament, Virginie Rubert: Skin Aging Atlas. Volume 4, Indian Type. Juin 2014; Roland Bazin, Frédéric Flament, Franck Giron: Skin Aging Atlas. Volume 3, Afro-American type. Mai 2012; Roland Bazin, Frédéric Flament : Skin Aging Atlas. Volume 2, Asian type. Novembre 2010; Roland Bazin: Skin Aging Atlas Volume 1, Caucasian Type. Octobre 2007*).
- [0006] Un objectif de ces atlas est principalement de permettre une évaluation objective du vieillissement du visage. Ces ouvrages étudient et établissent ainsi de manière systématique une caractérisation et une classification de la peau liée à l'âge et à la typologie ethnique et permettent l'attribution d'un grade de sévérité (allant généralement de 0 à 9) pour différentes régions du visage (ouverture des pores, rides de la

glabeller, de la patte d'oie, relâchement cervical ...). Les classifications peuvent aussi être utilisées ensemble afin d'évaluer un vieillissement global de la face.

[0007] Ces atlas sont principalement réservés à des professionnels et sont principalement destinés à permettre une évaluation objective des résultats de traitements dits « anti-âge » visant à estomper ou masquer ces signes (traitements localisés comme l'injection de toxine botulique dans les rides de la patte d'oie par exemple mais également pour des traitements plus généraux de type lifting ou peeling par exemple) en comparant les grades de sévérité avant / après.

[0008] Le développement des moyens de traitement informatiques et le déploiement de méthodes d'intelligence artificielle a permis d'automatiser ces évaluations. Ainsi, en janvier 2019, la société VICHY a pu proposer un outil appelé SKINCONSULT AI permettant au consommateur d'obtenir un diagnostic digital de sa peau à partir d'un portrait photographique.

[0009] Cet outil se fonde sur un algorithme d'intelligence artificielle développé par la société MODIFACE et entraîné grâce à une banque d'images de L'OREAL ayant notamment servi à constituer les atlas mentionnés précédemment. Pour plus de précisions, on pourra se référer à la demande WO2020113326A1.

[0010] Ainsi, à partir d'un portrait photographique, l'outil évalue sept signes de vieillissement : rides sous les yeux, manque de fermeté, ridules, manque d'éclat, tâches pigmentaires, rides profondes et pores et peut adresser des recommandations de produits à l'utilisatrice.

[0011] Bien qu'aisément utilisable par le grand public, cet outil, tout comme les atlas, permet une évaluation à un instant donné et ne permet pas d'évaluer la manière dont ces signes de l'âge sont susceptibles d'évoluer dans le temps.

[0012] Les techniques informatiques d'intelligence artificielle ont également trouvé plusieurs applications dans des procédés visant à donner à l'utilisateur une prédiction de l'évolution potentielle de son visage au cours du temps, notamment en modifiant sa photo pour simuler son apparence possible à un âge donné.

[0013] Des exemples de tels procédés sont décrits notamment dans les documents EP1298562A1, US4276570, FR2875930A1 et en particulier EP3699811A1 et US2018276869 auxquels on pourra se référer utilement.

[0014] Le document EP1298562 décrit un procédé comparant des données de vieillissement obtenues sur un utilisateur à un premier instant et un deuxième instant postérieur (e.g. 6 mois après) pour extrapoler une évolution ultérieure (e.g. à 18 et 66 mois après). Un tel procédé est limité à quelques mois et difficilement exploitable pour simuler une évolution possible à 10, 15 ou 20 ans.

[0015] Une approche similaire est employée dans le document US4276570 dans le sens où une photographie d'une personne à deux âges différents est utilisée pour reporter les

évolutions détectées sur une autre personne à vieillir virtuellement. Une méthode similaire est décrite dans le document Lanitis A. et al *MODELING THE PROCESS OF AGEING IN FACE IMAGES*, *Computer Vision, 1999, The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Kerkyra, Greece, 20-27 Sept 1999, Los Alamitos, CA, USA, IEEE Comput. Soc., US, Vol. 1, 20 septembre 1999, pages 131-136.*

- [0016] Le document FR2875930 vise un procédé de prédiction de l'apparence d'une portion externe du corps humain en fonction du temps et/ou d'un traitement, dans lequel au moins trois images sont générées, ces images correspondant à différents grades d'au moins un paramètre d'aspect en fonction du temps et/ou du traitement, la variation d'au moins ce paramètre d'aspect sur lesdites images étant non linéaire. Préférentiellement, la variation dudit paramètre d'aspect s'effectue selon une loi d'évolution déterminée à partir d'observations de ce paramètre d'aspect effectuées dans une population de référence. L'évolution prédite n'est donc pas réellement personnalisée et se contente de projeter sur un utilisateur différents grades de sévérité d'un marqueur de vieillissement.
- [0017] Afin de mieux personnaliser la prédiction d'évolution des signes de l'âge, la demande EP3699811A1 vise à intégrer des données sur les habitudes de vie et le style de vie de l'utilisateur et ce afin de notamment prendre en compte plusieurs facteurs de vieillissement externes tels que l'exposition au soleil, le sommeil, le tabagisme, etc. Il est indiqué que la prédiction de l'évolution possible du vieillissement est mise en œuvre par des moyens d'apprentissage machine. Toutefois, peu de précisions sont données et la demande se contente de lister un ensemble de modèles d'apprentissage potentiellement utilisables.
- [0018] Il est en réalité extrêmement difficile voire impossible d'entraîner un moteur d'intelligence artificielle de manière classique pour prédire une évolution dans le temps de signes visibles de l'âge à un horizon de plusieurs années. En effet, il est difficilement envisageable de pouvoir disposer de suffisamment de données d'entraînement (et notamment d'une vérité ou « ground truth » pour chaque paramètre) sur une telle échelle de temps.
- [0019] Il est donc généralement nécessaire de recourir à des modélisations théoriques complémentaires et d'utiliser des évolutions moyennes sur des populations d'âge donné.
- [0020] C'est ce que prévoit notamment le document US2018276869 dans lequel il est prévu de détecter une typologie ethnique du sujet et d'appliquer un modèle de vieillissement moyen correspondant. Une telle méthode ne permet pas de personnalisation et de prise en compte de facteurs externes de vieillissement personnalisés.
- [0021] On connaît ainsi l'application virale « FaceApp » qui permet de générer à partir d'un autoportrait photographique, une image de ce à quoi l'utilisateur est susceptible de ressembler à un âge plus avancé. Cette application utilise un ensemble de transformations qui sont appliquées à différents éléments caractéristiques du visage tout en

- essayant de conserver au mieux les caractéristiques et traits personnels. Les transformations sont obtenues par entraînement de moteurs d'intelligence artificielle du type cGAN (<https://analyticsindiamag.com/the-ai-behind-faceapp/> & <https://iq.opengenus.org/face-aging-cgan-keras/>) sur la base de groupes d'âge définis.
- [0022] Pour plus de précisions sur une telle technique, on pourra se référer à l'article Antipov, G.; Baccouche, M.; Dugelay, J.-L. *FACE AGING WITH CONDITIONAL GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS*, *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Beijing, China, 17–20 September 2017; pp. 2089–2093 (<https://doi.org/10.48550/arXiv.1702.01983>) et Xinhua Liu, *BIDIRECTIONAL FACE AGING SYNTHESIS BASED ON IMPROVED DEEP CONVOLUTIONAL GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS*, *MDPI Information* 2019, 10, 69; doi:10.3390/info10020069.
- [0023] Les modèles ainsi obtenus permettent d'appliquer des transformations statistiques qui restent extrêmement limitées en termes de personnalisation et ne prennent généralement pas en compte de paramètres concernant le style de vie de l'utilisateur, ce notamment car l'augmentation du nombre de conditions réduirait drastiquement le nombre de données d'entraînement utilisables jusqu'à le rendre insuffisant.
- [0024] L'application « ChangeMyFace » (<https://changemyface.com/>) propose de prendre en compte des paramètres concernant le style de vie de l'utilisateur. Parmi les paramètres possibles, on trouve le régime alimentaire, la consommation d'alcool, le niveau d'exercice physique, le niveau de stress, l'exposition à un environnement pollué, l'exposition au soleil, la quantité de sommeil, la consommation de cigarettes. Aucune information n'est toutefois donnée sur la manière dont ces paramètres sont pris en compte pour influencer la modification de la photographie de l'utilisateur.
- [0025] La thèse Farnaz Majid Zadeh Heravi. *THREE-DIMENSION FACIAL DE-AGEING AND AGEING MODELING : EXTRINSIC FACTORS IMPACT*. *Signal and Image processing. Université Paris-Est, 2019* (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03467715>) vise à prendre en compte des facteurs externes tels que l'exposition au soleil, la consommation de cigarettes, la pollution atmosphérique, ainsi que des facteurs intrinsèques personnels tels que l'ethnicité de la personne ou encore son niveau d'hormones. Ce travail vise à modéliser les impacts de ces paramètres pour les intégrer au générateur d'image de rendu. Toutefois, cela peut être particulièrement complexe et augmente le nombre de paramètres à intégrer au modèle.
- [0026] Il existe par conséquent un besoin pour développer une méthode et un système permettant d'améliorer tant la précision de la prédiction d'évolution que la possibilité de personnaliser cette prédiction d'évolution à l'utilisateur. La méthode doit également rester relativement simple de manière à pouvoir être aisément mise en œuvre à travers des terminaux informatiques personnels portables.

- [0027] A cette fin, la présente invention propose une méthode comprenant les étapes suivantes visant à :
- [0028] - recevoir des données correspondant à un ensemble de pixels d'une image d'une zone corporelle d'un utilisateur porteuse généralement d'au moins un signe visible de vieillissement,
- [0029] - attribuer une note de sévérité au signe visible de vieillissement de ladite zone corporelle,
- [0030] - modifier la note de sévérité en fonction d'une valeur d'au moins un facteur de vieillissement.
- [0031] La méthode est en tout ou partie mise en œuvre par ordinateur.
- [0032] Par « porteuse généralement d'un signe de vieillissement », on entend que la zone corporelle visée est une zone d'apparition et de manifestation du signe de vieillissement considéré en population générale, même si ledit signe n'est pas encore spécifiquement présent sur l'utilisateur sujet de la présente méthode. Ainsi, même si l'utilisateur n'a pas encore un âge suffisamment avancé pour présenter des rides de la patte d'oie visibles, sa zone de manifestation est bien connue et le degré de sévérité sera simplement de zéro ou un (ou un minimum de l'échelle). Il en va de même des autres signes visibles de vieillissement cités précédemment. Bien évidemment, l'image de la zone corporelle considérée peut être obtenue à partir d'une image couvrant une zone corporelle plus large englobant la zone corporelle d'intérêt qui pourra alors être isolée par un procédé de segmentation ou de classification à partir de marqueurs corporels (par exemple, une analyse d'image par ordinateur permettra d'isoler la zone corporelle de manifestation des rides de la patte d'oie à partir d'une identification de la pupille et du bord de l'œil).
- [0033] De manière particulière, le signe visible de vieillissement est choisi parmi : l'ouverture des pores de la peau, les rides de la gabelle, les rides de la patte d'oie, le relâchement cervical, les rides sous les yeux, la fermeté ou le relâchement de la peau, la présence de ridules, l'éclat du teint ou de la peau, la présence de taches pigmentaires.
- [0034] Par note ou degré de sévérité, on entend une valeur numérique appartenant à une échelle ordonnée. L'échelle peut comprendre une valeur minimale, notamment la valeur zéro ou un. L'échelle peut également comprendre une valeur maximale. Comme indiqué précédemment, les atlas usuels fixent une valeur maximale égale à neuf. L'évolution des degrés sur l'échelle de sévérité peut se faire par nombre entiers (0, 1, 2, 3 ..., 9) ou décimaux, notamment par demi-degré (0, 0.5, 1, 1.5, ...).
- [0035] Ainsi, en affectant une note de sévérité à un signe de vieillissement, il est possible d'utiliser cette note pour effectuer des calculs simples, notamment additifs, en fonction de valeurs attribuées à un ou plusieurs facteurs de vieillissement selon leur impact sur ledit signe de vieillissement, notamment en incrémentant ou diminuant la note de

sévérité attribuée initialement selon les habitudes de vie de l'utilisateur. La note de sévérité modifiée correspond alors à une projection dans le temps de l'évolution du signe de vieillissement considéré. Par exemple, pour un utilisateur présentant une peau dont le degré de sévérité des rides a été évaluée à 5, il sera possible de projeter un degré de sévérité dans 10, 15 ou 20 par simple addition ou soustraction de degrés selon les valeurs, de préférence personnalisées, données aux différents facteurs de vieillissement considérés.

- [0036] La note de sévérité modifiée peut alors être utilisée comme donnée d'entrée d'un générateur d'image configuré pour transformer l'image initiale en fonction d'un paramètre d'entrée correspondant à une note de sévérité et générer ainsi une image modifiée présentant le signe de vieillissement considéré avec le degré de sévérité modifié souhaité.
- [0037] Ainsi, de manière avantageusement complémentaire, la méthode comprend une étape additionnelle visant à générer une image modifiée de la zone corporelle de l'utilisateur avec un signe visible de vieillissement correspondant à la note de sévérité modifiée. L'image modifiée peut être avantageusement affichée sur un écran dans le but d'être présentée à l'utilisateur.
- [0038] La note de sévérité modifiée peut-être affichée ou non, séparément ou avec l'image modifiée, pour présentation à l'utilisateur.
- [0039] La note de sévérité initiale et/ou l'image initiale peuvent également être affichées pour être présentées à l'utilisateur à fins de comparaison de l'évolution possible. Les notes de sévérité (initiale et modifiée) et/ou les images (initiale et modifiée) peuvent être affichées séparément ou côte à côté afin de faciliter la comparaison.
- [0040] Préférentiellement, la méthode comprend l'utilisation d'au moins un facteur de vieillissement indépendant (ou non propre à) de l'utilisateur, tel que le temps et notamment la durée à laquelle on souhaite projeter l'évolution du signe de vieillissement considéré. Cette durée est de préférence supérieure à 1 an, préférentiellement supérieure à 6 ans, voire supérieure à 10 ans. De manière préférentielle, on cherchera une projection plutôt à 10, 15 ou 20 ans.
- [0041] Ainsi on peut considérer, par exemple, qu'une durée de 15 ans augmentera la sévérité des rides de deux degrés (+2), soit, pour le même exemple, la sévérité des rides de la peau atteindra une valeur de 7.
- [0042] Préférentiellement, la méthode comprend l'utilisation d'au moins un facteur de vieillissement dépendant (ou propre à) de l'utilisateur. La méthode comprend alors avantageusement une étape additionnelle visant à recevoir des données correspondant à des valeurs personnalisées adaptées à l'utilisateur pour tout ou partie desdits facteurs de vieillissement dépendants de l'utilisateur. En l'absence de données pour certains facteurs, il peut être prévus des valeurs par défaut.

- [0043] De manière avantageuse, les valeurs personnalisées peuvent correspondre à un état actuel de l'utilisateur.
- [0044] De manière complémentaire ou optionnelle, la méthode peut être mise en œuvre avec des données personnalisées correspondant à un état modifié de l'utilisateur (approche contrefactuelle, par exemple, si un utilisateur fumeur arrêterait de fumer, ou si un utilisateur n'utilisant pas de produit cosmétique hydratant adoptait un tel produit).
- [0045] Les différentes notes de sévérité modifiées et, le cas échéant, les images modifiées correspondantes peuvent être affichées et présentées à l'utilisateur pour comparaison selon les changements apportés dans les valeurs des facteurs de vieillissement considérés.
- [0046] Selon un premier mode de réalisation, les différents facteurs de vieillissement présentent un nombre limité de valeurs possibles, et de préférence deux ou trois voire quatre valeurs possibles au maximum. Les valeurs proposées reflèteront avantageusement une intensité de la présence du facteur de vieillissement considéré chez l'utilisateur.
- [0047] Selon un deuxième mode de réalisation, tout ou partie des différents facteurs de vieillissement présentent des valeurs possibles associées chacune à un facteur de pondération propre à l'utilisateur. Ainsi, il est par exemple possible de proposer à l'utilisateur des valeurs extrêmes et de lui demander d'y associer des coefficients de pondération lui permettant de représenter une intensité intermédiaire qui lui est propre. Ces coefficients de pondération seront reportés et utilisés pour pondérer les impacts et variations déterminées pour chaque valeur extrême de manière à obtenir un impact intermédiaire adapté à l'utilisateur.
- [0048] Selon un mode de réalisation particulier, le facteur indépendant de l'utilisateur, et en particulier le temps, est fixé et non personnalisé à l'utilisateur. Alternativement, sa valeur peut être modifiée, notamment par l'utilisateur ou un opérateur. Toutefois, en particulier pour le facteur temps on préférera utiliser une durée fixe non modifiable. En effet, les impacts établis pour des facteurs de vieillissement propres (chaque ou agrégés entre plusieurs facteurs) à l'utilisateur peuvent également prendre en compte un facteur temps et mettre en œuvre un facteur temps modifiable nécessiterait de nombreuses ressources pour adapter lesdits impacts des facteurs propres à l'utilisateur, non seulement en fonction des valeurs données par l'utilisateur à ces facteurs, mais donc également en fonction de la durée à laquelle on souhaite se projeter.
- [0049] Selon un mode de réalisation, la note de sévérité est modifiée par application d'un modèle informatique configuré pour déterminer au moins une variation de la note de sévérité en fonction des valeurs affectées aux facteurs de vieillissement, ladite variation étant ajoutée à la note de sévérité initiale attribuée au signe de vieillissement considéré.

- [0050] Préférentiellement, la méthode comprend une étape supplémentaire visant à recevoir une information correspondant à une typologie de peau de l'utilisateur et à appliquer un modèle informatique adapté correspondant. En particulier, on pourra prévoir un modèle de variation ou d'évolution du signe de vieillissement pour chaque typologie ethnique, à savoir notamment un modèle d'évolution pour une peau caucasienne, un modèle d'évolution pour une peau africaine, un modèle d'évolution pour une peau asiatique. La typologie de peau de l'utilisateur peut être fournie manuellement ou être établie à partir d'une étape d'analyse d'image visant, par exemple, à déterminer un paramètre coloriel de la peau comme cela peut être fait notamment dans des applications de détermination fonds de teint. Cette étape est de préférence effectuée sur les données d'image reçue pour la zone corporelle dont on souhaite prévoir l'évolution du ou des signes de vieillissement. De la même manière, on pourra également prévoir la prise en compte d'une donnée sur le genre de l'utilisateur et/ou son âge (ou appartenance à une tranche d'âge), chacune pouvant être entrée manuellement ou résulter d'un processus d'évaluation par analyse d'image pour appliquer un modèle correspondant au critère considéré.
- [0051] Selon un mode de réalisation avantageux, il est possible d'appliquer plusieurs modèles, conçus notamment pour différents types d'utilisateurs, et d'en pondérer les résultats. Une telle méthode est particulièrement intéressante pour l'âge de l'utilisateur. En effet, les modèles d'évolution seront généralement conçus pour différentes plages d'âge de l'utilisateur (il serait difficile de concevoir un modèle par âge). Toutefois, il serait réducteur d'appliquer strictement le modèle de la plage d'âge à laquelle appartient l'utilisateur au risque de sous-estimer ou sur-estimer son évolution, selon notamment que l'âge de l'utilisateur est plus ou moins proche d'une borne inférieure ou d'une borne supérieure. Ainsi, selon une variante de réalisation, le procédé comprend une étape supplémentaire visant à obtenir, par exemple à travers une fonction d'interpolation, un ou plusieurs coefficients de pondération à affecter aux résultats d'un ou plusieurs modèles prédictifs à appliquer selon la typologie de l'utilisateur. L'application de chaque coefficient de pondération au résultat de chaque modèle permet d'obtenir la variation finale à appliquer au degré de sévérité initial.
- [0052] Avantageusement cette étape est effectuée pour l'âge de l'utilisateur, l'étape visant à obtenir en fonction de l'âge de l'utilisateur, des coefficients de pondération à appliquer à différents modèles prédictifs établis par tranches d'âges. Les modèles prédictifs (tous ou au moins ceux pour lesquels un coefficient de pondération non nul ou significatif est retourné) sont appliqués au degré de sévérité initial et les résultats obtenus sont pondérés avec les coefficients déterminés par la fonction d'interpolation afin d'obtenir le degré de sévérité modifié.
- [0053] Selon un mode particulier de réalisation, le modèle informatique est un modèle pro-

babaliste retournant au moins une variation de la note de sévérité et une probabilité associée. De préférence, le modèle informatique retourne plusieurs variations de la note de sévérité, chacune possédant une probabilité associée. Ainsi, la méthode peut déterminer plusieurs notes de sévérité modifiées, chaque note de sévérité modifiée correspondant à la note de sévérité initiale à laquelle est ajoutée une variation. Chaque note de sévérité modifiée est associée à la probabilité correspondant à la variation ajoutée. Des images modifiées correspondant à chaque note de sévérité modifiée peuvent être générées en vue d'un affichage pour présentation à l'utilisateur. De préférence, seule une image modifiée correspondant à la variation associée à la plus forte probabilité sera générée. Alternativement, une note de sévérité modifiée moyenne peut être déterminée par pondération des variations avec leurs probabilités associées.

- [0054] Avantageusement, le modèle informatique probabiliste est un réseau bayésien, et en particulier un réseau bayésien causal. Le réseau bayésien pourra être avantageusement construit à partir des connaissances d'experts en mettant en œuvre une méthode d'élicitation et ou des techniques d'inférence causale.
- [0055] La variation de degré de sévérité déterminée par le modèle pourra résulter de calculs effectués sur des impacts déterminés pour un ou plusieurs facteurs de vieillissement selon la valeur qui y est affectée. En particulier, un impact initial peut être déterminé pour chaque facteur de vieillissement considéré puis les impacts peuvent être avantageusement agrégés (« pooled ») en regroupant plusieurs facteurs de vieillissement. Avantageusement, on regroupera les facteurs de vieillissement dans différentes catégories, par exemple, les facteurs bénéfiques, les facteurs dégradants, les facteurs intrinsèques, les facteurs extrinsèques et notamment environnementaux, en particulier afin de prendre en compte des synergies entre lesdits facteurs le cas échéant. Les impacts des différents facteurs de vieillissement selon leur valeur peuvent être déterminés de manière empirique et / ou théorique. Selon les modèles utilisés, les impacts peuvent être mono facteur ou multi factoriels.
- [0056] Ainsi, si l'utilisateur est fumeur régulier, on pourra aggraver cette évolution en augmentant encore d'un ou deux degrés la sévérité des rides de sa peau. On pourra déterminer que l'utilisateur fumeur régulier risque de présenter dans 15 ans une peau dont le degré de sévérité des rides sera de 8 (sévérité initiale de 5, +2 pour un facteur temps fixé à 15 ans, +1 pour le facteur « fumeur » possédant une valeur « oui »).
- [0057] A partir du degré de sévérité projeté, il est avantageux de modifier en conséquence l'image initiale pour restituer à l'utilisateur une image projetée de sa peau dans 15 ans.
- [0058] Avantageusement, la méthode est mise en œuvre sur des données d'image d'une zone corporelle porteuse de plusieurs signes visibles de vieillissement, une note de sévérité étant attribuée à chaque signe de vieillissement selon la présente méthode, notamment par application d'un modèle informatique dédié à l'évolution de chaque

signe de vieillissement. Une image modifiée unique pour l'ensemble des signes de vieillissement présentant chacun leur note de sévérité modifiée associée est générée et le cas échéant affichée pour présentation à l'utilisateur.

[0059] L'attribution d'un degré de sévérité initial au signe visible de vieillissement considéré est avantageusement réalisée par analyse d'image, avec ou sans segmentation préalable d'une zone d'intérêt.

[0060] En particulier, l'attribution du degré de sévérité est effectuée par un moteur d'intelligence artificielle entraîné tel que SKIN CONSULT décrit précédemment. Alternativement ou de manière complémentaire (cf. FR22/04419 non encore publié), l'analyse d'image peut être utilisée pour mesurer des paramètres physiques caractéristiques à partir de propriétés optiques de la zone d'intérêt. Les paramètres physiques caractéristiques peuvent par exemple être le nombre, la densité, la longueur et/ou la profondeur de rides (par exemple par analyse de contraste de manière connue), la couleur ou le contraste de zones de peau, ainsi que la couleur, le nombre, la surface et/ou la densité de taches pigmentaires, par exemple. Les valeurs des paramètres physiques mesurées peuvent alors être utilisées pour attribuer un degré de sévérité au signe de vieillissement considéré.

[0061] Avantageusement, le procédé comprend une étape préalable d'acquisition de l'image numérique de la zone corporelle. De préférence, la zone corporelle est le visage.

[0062] De préférence, l'image de la zone corporelle de l'utilisateur est obtenue dans des conditions normalisées, et en particulier dans des conditions d'illumination normalisées, notamment dans des conditions d'éclairage D65. Dans le cas contraire, notamment dans le cas d'autoportraits ou selfies pris par l'utilisateur lui-même grâce à un terminal mobile ou smartphone, on pourra appliquer un algorithme de correction / normalisation d'image préalablement à l'attribution du degré de sévérité initial par l'algorithme d'analyse d'image.

[0063] Afin de restituer à l'utilisateur une image projetée correspondant aux mêmes conditions de prise de vue, on pourra bien évidemment appliquer des transformations inverses sur l'image modifiée avant affichage et présentation à l'utilisateur.

[0064] La présente invention vise également un système pour la mise en œuvre de la présente méthode, en particulier un système informatique pour une mise en œuvre par ordinateur de ladite méthode.

[0065] En particulier, le système comprend au moins une première entrée de données configurée pour recevoir les données correspondant à un ensemble de pixels d'une image numérique et une deuxième entrée de données configurée pour recevoir au moins une valeur d'un facteur de vieillissement.

[0066] De préférence, le système comprend un dispositif d'acquisition de photographie numérique en communication avec la première entrée de donnée.

- [0067] De préférence, le système comprend également une interface homme-machine, notamment un clavier ou un écran tactile connectée à la deuxième entrée de données et permettant à un utilisateur ou un opérateur d'entrer la ou les valeurs du ou des facteurs de vieillissement.
- [0068] Le système comprend également au moins un processeur configuré pour attribuer, à partir desdits pixels reçus, une note de sévérité d'au moins signe visible de vieillissement.
- [0069] Conformément à la présente demande, le processeur est également configuré pour modifier ladite note de sévérité en fonction de la valeur du facteur de vieillissement reçue, et retourner ladite note de sévérité modifiée.
- [0070] De manière avantageusement complémentaire, le système comprend un générateur d'images configuré pour générer, à partir de l'image reçue, une image modifiée présentant le degré de sévérité modifié. Le système comprend en outre préférentiellement un écran permettant d'afficher et présenter à l'utilisateur ou l'opérateur tout ou partie des informations générées, et éventuellement reçues (notamment à fins de comparaison), à savoir les notes de sévérité (affectée à l'image reçue et modifiée) et les images reçus et modifiées.
- [0071] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit en regard du dessin annexé dans lequel :
- [0072] La [Fig.1] est une représentation schématique des étapes principales de la méthode objet de la présente demande.
- [0073] La [Fig.2] est une représentation schématique d'un réseau bayésien appliqué pour déterminer une note de sévérité modifiée d'un signe visible de vieillissement.
- [0074] Comme représenté sur la [Fig.1], un but de la méthode selon la présente demande est de modéliser, de prédire et d'évaluer l'évolution de signes de l'âge chez un utilisateur et le cas échéant de générer une image virtuelle de son apparence probable dans plusieurs années.
- [0075] Pour ce faire, le procédé utilise une image ou photo  $P_i$  d'au moins une zone corporelle d'un utilisateur porteuse généralement d'un signe visible de vieillissement. En l'espèce, l'image  $P_i$  est un portrait photographique du visage de l'utilisateur comprenant notamment une zone de ride nasolabiale  $S1$ , une zone de rides de la patte d'oie  $S2$ , une zone de rides et poche sous les yeux  $S3$  et une zone de rides frontales  $S4$ .
- [0076] La méthode génère une image modifiée  $P_m$  de l'utilisateur en fonction de divers facteurs  $f_i$  de vieillissement susceptibles d'affecter l'évolution des signes de vieillissement présents sur l'image initiale  $P_i$ , lesdits facteurs de vieillissement comprenant (tous ou certains) notamment : la quantité de sommeil, l'utilisation de produits cosmétiques, l'activité sportive, l'exposition au soleil, la consommation d'alcool, les expressions faciales, l'indice de masse corporelle.

- [0077] Ainsi, dans une première étape, il est procédé à la prise d'image d'un portrait photographique de l'utilisateur. Avantagement, la photographie est prise à l'aide d'un appareil photo numérique haute définition, préférentiellement dans un environnement d'éclairage normalisé. Alternativement, l'image peut être acquise à l'aide d'un terminal mobile de type smartphone ou tablette informatique comprenant un appareil photo intégré. La photographie numérique pourra alors être traitée postérieurement, notamment pour en corriger l'exposition, les couleurs, etc.
- [0078] Les données d'images sont ensuite traitées pour identifier et analyser les zones corporelles porteuses généralement d'un signe de vieillissement en vue d'attribuer audit signe de vieillissement une note de sévérité initiale.
- [0079] Comme indiqué précédemment, chaque zone corporelle d'intérêt peut être identifiée à l'aide d'un ou plusieurs algorithmes de vision par ordinateur et notamment à l'aide d'algorithmes d'intelligence artificielle entraînés pour ce faire à partir d'un portrait photographique. La détection et délimitation de chaque zone d'intérêt pourra avantageusement se faire à partir de la détection de marqueurs corporels et en particulier de marqueurs faciaux.
- [0080] Une note de sévérité  $N_{Si}$  du signe de vieillissement considéré pour chaque zone corporelle d'intérêt est ensuite attribuée. La détermination et l'attribution de la note de sévérité est avantageusement effectuée par un algorithme d'analyse d'image et en particulier par un algorithme d'intelligence artificielle entraîné pour ce faire.
- [0081] Pour plus de précision sur une telle méthode, on pourra se référer à la demande WO2020113326A1 précitée. Bien évidemment la présente méthode n'est pas limitée à l'implémentation d'un tel système et on peut envisager la mise en œuvre de toute méthode, notamment mise en œuvre par ordinateur, permettant d'identifier et de segmenter une zone corporelle. La zone corporelle ainsi segmentée peut être notée sur une échelle de sévérité par tout moyen.
- [0082] Conformément au procédé objet de la présente demande, la note de sévérité attribuée à chaque signe de vieillissement de chaque zone corporelle d'intérêt, est modifiée en fonction de valeurs données aux facteurs  $f_i$  de vieillissement pris en compte.
- [0083] Ainsi, parallèlement à la réception des données d'image, on reçoit des valeurs pour chacun des facteurs  $f_i$  de vieillissement considérés. Au moins une partie des valeurs reçues sont adaptées et personnalisées à l'utilisateur selon ses habitudes de vie. Ces valeurs peuvent être obtenues à travers un questionnaire et/ou entrées manuellement via une interface informatique.
- [0084] Il convient de noter que tous les facteurs  $f_i$  de vieillissement ne sont pas nécessairement pertinents pour chaque signe de vieillissement considéré et qu'un modèle d'évolution dédié à un signe utilisera les valeurs affectées aux facteurs  $f_i$  considérés comme pertinents pour son évolution. Il est par exemple connu que l'évolution des

tâches pigmentaires dépend fondamentalement de l'exposition au soleil. Le modèle d'évolution appliqué pour l'évaluation de l'évolution de ce signe de vieillissement utilisera par conséquent les valeurs affectées aux facteurs  $f_i$  pertinents même si d'autres facteurs ont été demandés à l'utilisateur notamment à fins d'évaluer l'évolution d'autres signes de vieillissement pour lesquels ils seraient pertinents.

- [0085] De préférence, les facteurs de vieillissement proposent un nombre limité de valeurs possibles (modalités). En particulier les valeurs possibles sont représentatives d'une intensité et/ou fréquence d'exposition audit facteur. Certains facteurs peuvent être booléens, c'est-à-dire avoir deux valeurs possibles de type OUI / NON ; 0 / 1 ; ... De manière intéressante, d'autres facteurs pourront présenter trois voire quatre valeurs possibles de manière à permettre la prise d'une valeur d'intensité intermédiaire ou moyenne.
- [0086] Selon un premier mode de réalisation, les facteurs de vieillissement n'acceptent qu'une seule entrée choisie parmi les valeurs possibles. Selon un deuxième mode de réalisation, un ou plusieurs facteurs de vieillissement acceptent plusieurs entrées parmi les valeurs possibles proposées, chaque entrée étant associée à un paramètre d'intensité ou un facteur de pondération déterminée pour l'utilisateur. Un tel fonctionnement permet une meilleure prise en compte d'états intermédiaires dont l'impact peut être difficile à évaluer.
- [0087] Ainsi, par exemple, pour un facteur de vieillissement tel que l'expressivité du visage, un expert pourra probablement évaluer aisément l'impact sur le vieillissement de situations extrêmes, à savoir une hyper-expressivité ou une faible expressivité. En revanche, une expressivité « moyenne » sera quasiment impossible à évaluer et modéliser. Selon ce mode de réalisation, il est proposé à l'utilisateur d'entrer pour chaque valeur proposée (« hyper expressivité » et « faible expressivité »), un coefficient de pondération personnalisé. Ainsi, au lieu de recevoir une valeur correspondant à un état déterministe, il est possible de considérer des valeurs pondérées.
- [0088] En reprenant l'exemple de l'expressivité faciale, un utilisateur pourra ainsi se considérer comme 30% « hyper expressif » et 70% « faiblement expressif ». Ces coefficients de pondération sont reportés et utilisés pour déterminer l'impact du facteur de vieillissement correspondant à partir des impacts établis pour les valeurs déterministes extrêmes proposées. L'interface homme machine permettant de recueillir ces valeurs et pondérations est configurée en conséquence pour permettre la réception et le traitement de ces données.
- [0089] A partir de travaux d'études, il est, par exemple, déterminé qu'une expressivité normale / neutre n'a pas d'impact (impact égal à 0) sur l'accélération du caractère marqué des rides d'expression vieillissement. D'un autre côté, des travaux d'études ont déterminé qu'une hyper expressivité avait un impact significatif sur l'accélération du

caractère marqué des rides d'expression (par exemple : probabilité de 15% d'avoir aggravation de 3 degrés de sévérité à 15 ans, probabilité de 30% d'une aggravation de 2 degrés, 40% de 1 degré, et 15% d'impact nul). Les pondérations précédemment reçues de l'utilisateur pour ces valeurs correspondant à des états extrêmes déterminés sont alors utilisés pour déterminer une table de probabilité d'impact adaptée à l'utilisateur, comme il sera expliqué infra.

- [0090] Une mise en œuvre similaire peut être mise en œuvre pour des facteurs de vieillissement tels que la qualité de sommeil, le niveau de stress, l'exposition à la pollution, etc.
- [0091] Selon un mode de réalisation, les facteurs  $f_i$  forment des variables d'entrée (modulateurs) d'un modèle informatique  $M$  configuré pour déterminer au moins une variation de la note de sévérité  $\Delta N_{Si}$  en fonction des valeurs entrées (évidences ou nœuds observés) pour ces facteurs  $f_i$ , la variation déterminée étant destinée à être additionnée à la note de sévérité initiale  $N_{Si}$  attribué au signe de vieillissement considéré de manière à obtenir une note de sévérité modifiée  $N'_{Si}$ . L'ensemble des évidences forme un scénario correspondant à un état, simulé ou actuel, de l'utilisateur.
- [0092] En particulier, le modèle informatique  $M$  met en œuvre un réseau bayésien causal, dont certaines caractéristiques de structure préférentielles sont données ci-après.
- [0093] Pour chaque variable d'entrée correspondant à un facteur de vieillissement  $f_i$ , le modèle présente une dépendance ou lien causal vers un nœud définissant un impact  $I_i$  représentant une variation de degré de sévérité pour le facteur considéré. L'impact  $I_i$  se présente sous la forme d'une table de probabilités conditionnelles associant chaque modalité du facteur  $f_i$  à une variation de degré d'évolution. Les tables de probabilité formant les impacts  $I_i$  de chaque facteur peuvent être en particulier obtenues par élicitation à partir de connaissances d'experts et/ou de données expérimentales.
- [0094] Préférentiellement, la structure du réseau bayésien ne comprend qu'un niveau de tels nœuds d'impact élicités.
- [0095] Les nœuds impacts  $I_i$  sont causalement liés à des nœuds aval agrégés  $A_{ij}$  visant à regrouper les probabilités et variations de degré de sévérité de plusieurs facteurs entre eux jusqu'à pouvoir déterminer une variation finale totale  $\Delta N_{Si}$ . Les facteurs regroupés dans des nœuds agrégés peuvent également être déterminés par élicitation, et notamment regroupés par type de facteur (externes, internes, liés à une même externalité...).
- [0096] On pourra notamment s'attacher à regrouper, en une ou plusieurs étapes, les facteurs ayant un impact négatif séparément des facteurs ayant un impact positif de manière à déterminer un nœud.
- [0097] Chaque nœud agrégé  $A_{ij}$  est annoté d'une table de probabilités conditionnelles associant les variations de degré d'évolution pouvant résulter de l'association de ces

facteurs. Différentes opérations peuvent être réalisées pour obtenir les variations possibles et il est possible de retenir, par exemple, la variation minimale entre les parents, la variation maximale entre les parents, une somme des variations entre les parents, sachant qu'il conviendra préférentiellement de borner une telle somme, par le haut et/ou par le bas. Ainsi, on pourra, par exemple, considérer que la variation résultant des facteurs tabagisme et exposition au soleil ne peut dépasser +2. Les probabilités associées sont calculées en conséquence, notamment par application du théorème de Bayes. La nature de l'opération à appliquer pourra être déterminée par des experts.

- [0098] Un dernier nœud agrégé BT correspond à la variation totale finale à appliquer au degré de sévérité initial déterminé. Ce nœud est obtenu à partir de l'agrégation progressive de tous les facteurs considérés et d'un nœud impact  $T$  non propre à l'utilisateur représentatif des impacts résiduels ou sans cause connue et/ou quantifiable, et résultant notamment simplement du passage du temps. L'opération appliquée est une somme des variations, celle-ci étant limitée ou bornée par la variation la plus élevée parmi les modalités aggravantes des facteurs considérés.
- [0099] Par ailleurs, la somme des variations pour la détermination du dernier nœud agrégé BT est également bornée pour être strictement supérieure à zéro (une variation négative impliquant un rajeunissement).
- [0100] Bien évidemment, d'autres structures de réseau bayésien sont envisageables. Toutefois un tel modèle présente l'avantage de rester simple à interpréter (la prédiction étant le simple résultat d'un état initial auquel sont ajoutés les impacts de différents facteurs / modulateurs. Il s'agit également d'un modèle de type « white box », c'est-à-dire que les calculs sont connus.
- [0101] La [Fig.2] représente un exemple d'application pour la détermination d'une évolution de la ride nasolabiale  $SI$  chez une utilisatrice.
- [0102] Comme décrit précédemment, une première étape consiste à affecter une note de sévérité initiale  $N_{SI}$  au signe de vieillissement considéré. En l'occurrence, la note de sévérité est de 1 sur une échelle de 0 à 5.
- [0103] Parallèlement, L'utilisatrice indique des valeurs personnalisées pour divers facteurs de vieillissement susceptibles d'aggraver l'évolution de la ride nasolabiale.
- [0104] En l'espèce, l'utilisatrice a indiqué les valeurs personnalisées suivantes :
- $f1$  - exposition chronique au soleil (photoexposition) : « moyen » parmi les choix « peu ou pas » ; « faible » ; « moyen » ; « fort ».
  - $f2$  – application d'un produit de photoprotection : « systématique » parmi les choix « jamais/rarement » ; « récréative » ; « systématique ».
  - $f3$  – tabac : « entre 10 et 20 paquets par an » parmi les choix « moins de 10 » ; « 10 à 20 » ; « plus de 20 ».

- $f4$  – forme du visage : « neutre » parmi les choix « court et large » ; « neutre » ; « long ».
- $f5$  – sommeil sur les dos : « non » parmi les choix « oui » ou « non ».
- $f6$  – application de produits de soins : « hydratants – Anti-âge » parmi les choix « aucun » ; « hydratant quotidien » ; « hydratants et anti-âge ».

- [0105] Par facteur, il est déterminé un impact  $I1 \dots I6$  correspondant. Comme mentionné précédemment, cet impact est en particulier déterminé à partir de connaissances d'experts par élicitation. Chaque impact indique la probabilité d'une variation donnée du degré de sévérité selon la valeur du facteur considéré.
- [0106] Ainsi, pour le facteur  $f1$  représentant la photo-exposition de l'utilisatrice, la plus grande probabilité est que cette exposition « moyenne » n'aura pas d'impact significatif à long terme (variation nulle). Bien évidemment, il existe également une probabilité plus faible d'une aggravation de 1 degré ainsi qu'une probabilité encore plus faible d'une aggravation de 2 degrés.
- [0107] Une table de probabilité est également déterminée pour le facteur  $f2$  représentant l'application d'un produit de photoprotection. Pour notre utilisatrice, l'application d'un tel produit est « systématique » et le plus probable est ainsi un impact nul sur le degré de sévérité de sa ride nasolabiale. Comme pour le facteur  $f1$ , il existe une probabilité plus faible d'une amélioration d'un degré (variation -1) et encore plus faible d'une amélioration de deux degrés.
- [0108] Les impacts  $I1, I2$  des facteurs  $f1$  et  $f2$  sont ensuite agrégés dans un nœud agrégé  $A_{12}$  représentant l'impact général du soleil et consistant en une table de probabilité pour chaque variation possible du degré de sévérité. En l'espèce, les variations sont ajoutées et supérieures ou égales à 0. Les probabilités de chaque variation sont calculées en conséquence.
- [0109] Il est procédé de manière similaire pour les autres facteurs  $f3$  à  $f6$ . Les impacts  $I3, I4$  des facteurs  $f3$  et  $f4$  sont agrégés ensemble, tandis que les impacts  $I5, I6$  des facteurs  $f5$  et  $f6$  sont agrégés ensemble et sont considérés comme des facteurs à impacts améliorant.
- [0110] L'ensemble des nœuds agrégés  $A12, A34, A56$  sont à leur tour agrégés dans un nœud dépendant  $A123456$  cumulant l'ensemble des variations probables pour les facteurs  $f1$  à  $f6$  considérés.
- [0111] Une variation finale  $BT$  est déterminée par application d'une table de probabilité d'un facteur temps  $T$  représentant les impacts résiduels à 15 ans. Comme représenté, à 15 ans, la probabilité d'évolution de la ride nasolabiale est de deux degrés, très légèrement plus probable qu'une variation de 1 degré. Cette table de correspondance est déterminée par élicitation de connaissances d'experts. En plus d'un facteur temps  $T$ , il convient de noter que seul les variations supérieures ou égale à zéro sont retenues du

nœud agrégé cumulant l'ensemble des variations probables, la variation finale *BT* ne pouvant prendre que des valeurs positives.

- [0112] Enfin, une note de sévérité  $N'_{si}$  modifiée est déterminée en appliquant la table de probabilités conditionnelles des variations *BT* à la note de sévérité initiale  $N_{si}$ . Le degré de sévérité modifié peut être borné par un note de sévérité maximale qui ne peut être dépassée (par exemple, ici 5, soit le maximum de l'échelle de notation). Ainsi, pour une note de sévérité initiale égale à 1, la probabilité d'une variation de 5 ne résultera pas en une note de sévérité de 6 mais sera ajoutée à la probabilité d'atteinte la note de sévérité maximale, c'est-à-dire, 5.
- [0113] On obtient ainsi une distribution de probabilité pour les différents degrés de l'échelle de notation du signe de vieillissement considéré.
- [0114] Une image modifiée *Pm* représentant ledit signe de vieillissement avec un degré de sévérité modifiée peut être générée pour le degré de sévérité modifié le plus probable, ici, pour un degré de sévérité de 3 par exemple. Comme mentionné supra, il est également possible de générer une image modifiée pour un degré de sévérité moyen, obtenu notamment par pondération avec la distribution des probabilités obtenues pour chaque variation du degré initial.
- [0115] La note de sévérité initiale du signe de vieillissement ainsi que les données d'impact et d'agrégation des nœuds peuvent dépendre d'une typologie de peau de l'utilisateur. A cette fin, le procédé peut comprendre une étape additionnelle visant à recevoir cette information sur la typologie afin de sélectionner les modèles d'évaluation et de simulation adaptés.
- [0116] Il est possible de prévoir une approche similaire pour l'âge de l'utilisateur à la différence que seul le modèle statistique et les données d'évolution prédictive peut être fonction d'une tranche d'âge de l'utilisateur ; l'évaluation de la note de sévérité initiale ne reposant préférentiellement pas sur un modèle fonction de l'âge de l'utilisatrice. L'âge réel de l'utilisatrice peut toutefois être utilisé à des fins d'amélioration, de renforcement ou de confirmation du modèle de notation utilisé.
- [0117] Ainsi, on pourra prévoir un modèle d'évolution dédié pour plusieurs tranches d'âge, notamment un modèle pour la tranche 30 – 40 ans, un modèle pour la tranche 40 – 50 ans, etc ... Il sera alors avantageux de mettre en œuvre des modèles dits « continus en âge » via une fonction d'interpolation permettant d'accepter toute valeur d'âge, par exemple entre 18 et 65 ans sans avoir besoin de recourir à des modèles par tranches d'âge.
- [0118] Plus précisément, il est prévu une fonction d'interpolation permettant de pondérer le résultat obtenu avec un ou plusieurs modèles. Par exemple, pour un utilisateur ayant 25 ans, on pourra utiliser un modèle conçu pour une tranche d'âge 18 – 35 et pondérer la prédiction par le modèle conçu pour son âge cible, à savoir 40 ans (25 ans + 15 ans),

c'est-à-dire un modèle pour la tranche d'âge 35 – 50 par exemple.

[0119] En effet, entre 18 et 35 ans, la vitesse de vieillissement est plus lente qu'entre 35 et 50 ans. Utiliser uniquement le modèle 18 - 35 risquerait de conduire à une sous-estimation du vieillissement tandis qu'utiliser uniquement le modèle 35-50 risquerait de le surestimer.

[0120] Une solution est d'appliquer les deux modèles à l'utilisateur et de prendre une combinaison pondérée de leurs résultats. Les poids pourront être déterminés grâce à une fonction de vieillissement.

## Revendications

- [Revendication 1] Procédé mis en œuvre par ordinateur pour la modélisation et l'évaluation de l'évolution des signes de l'âge ( $S_1, S_2, S_3, S_4$ ) chez un utilisateur comprenant les étapes suivantes visant à :
- recevoir des données correspondant à un ensemble de pixels d'une image ( $P_i$ ) d'une zone corporelle d'un utilisateur porteuse généralement d'au moins un signe visible de vieillissement,
  - attribuer une note de sévérité ( $N_{s_i}$ ) au signe visible de vieillissement de ladite zone corporelle,
  - modifier la note de sévérité ( $N'_{s_i}$ ) en fonction d'une valeur d'au moins un facteur de vieillissement ( $f_i, T$ ).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une étape additionnelle visant à générer une image modifiée ( $P_m$ ) de la zone corporelle de l'utilisateur avec un signe visible de vieillissement correspondant à la note de sévérité modifiée.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape additionnelle visant à recevoir des données correspondant à des valeurs personnalisées adaptées à l'utilisateur pour tout ou partie des facteurs de vieillissement ( $f_i$ ).
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que au moins un facteur de vieillissement ( $T$ ) est indépendant de l'utilisateur.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la note de sévérité est modifiée par addition d'une variation d'évolution ( $\Delta N_{s_i}$ ) à la note de sévérité initiale ( $N_{s_i}$ ), ladite variation d'évolution étant déterminée à partir des valeurs des facteurs de vieillissement ( $f_i$ ).
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la variation d'évolution ( $\Delta N_{s_i}$ ) est déterminée par application d'au moins un modèle ( $M$ ) probabiliste aux valeurs des facteurs de vieillissement ( $f_i$ ).
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le modèle probabiliste ( $M$ ) est un réseau bayésien causal.
- [Revendication 8] Système pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une première entrée de donnée configurée pour recevoir des données correspondant à un ensemble de pixels d'une image numérique ( $P_i$ ), une deuxième entrée de données configurée pour recevoir au moins une

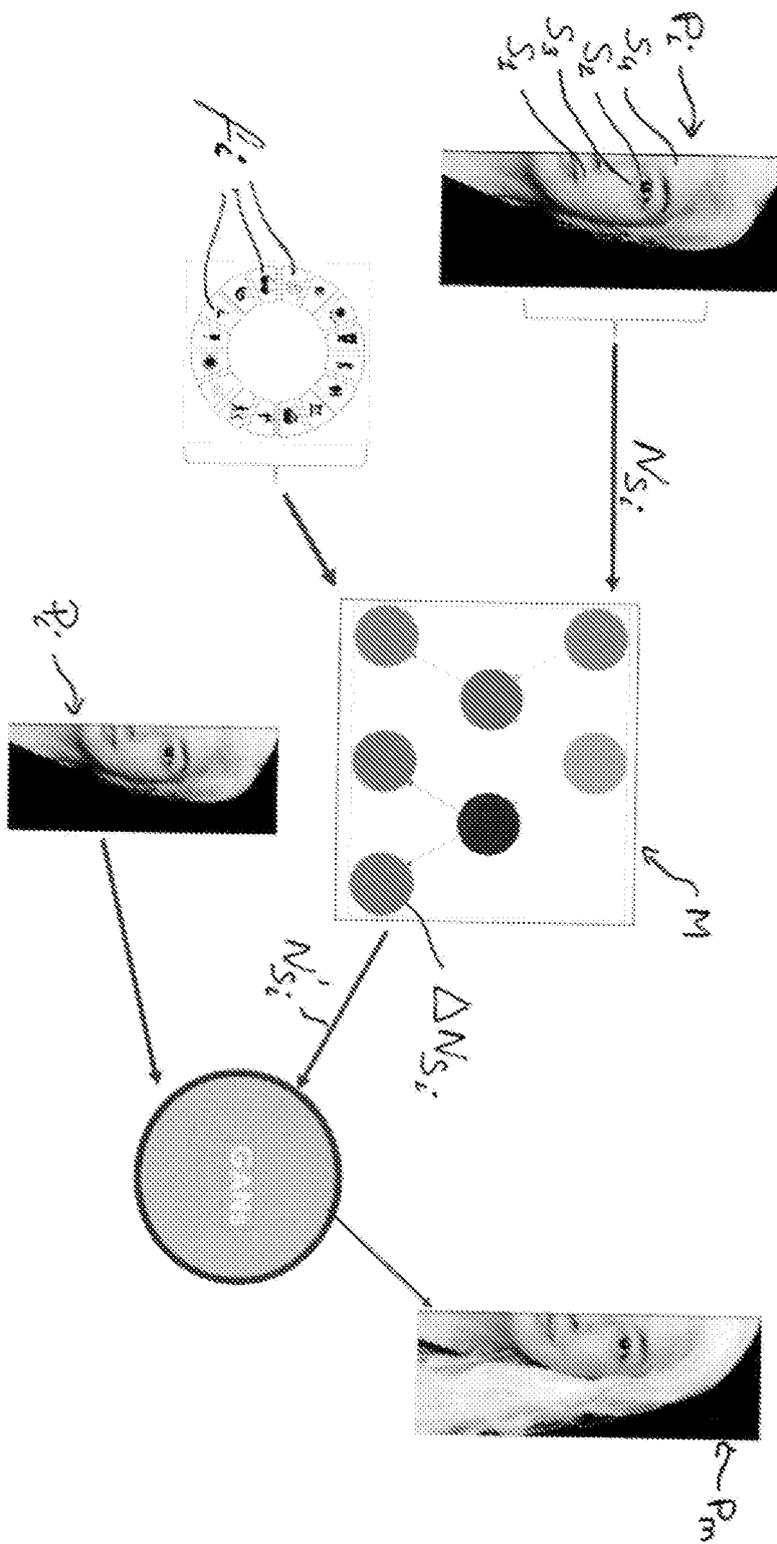
valeur d'un facteur de vieillissement ( $f_i$ ), et au moins un processeur configuré pour :

- attribuer, à partir desdits pixels reçus, une note de sévérité ( $N_{s_i}$ ) d'au moins signe visible de vieillissement (S1, S2, S3, S4),
- modifier ladite note de sévérité en fonction de la valeur du facteur de vieillissement reçue
- retourner ladite note de sévérité modifiée ( $N's_i$ ).

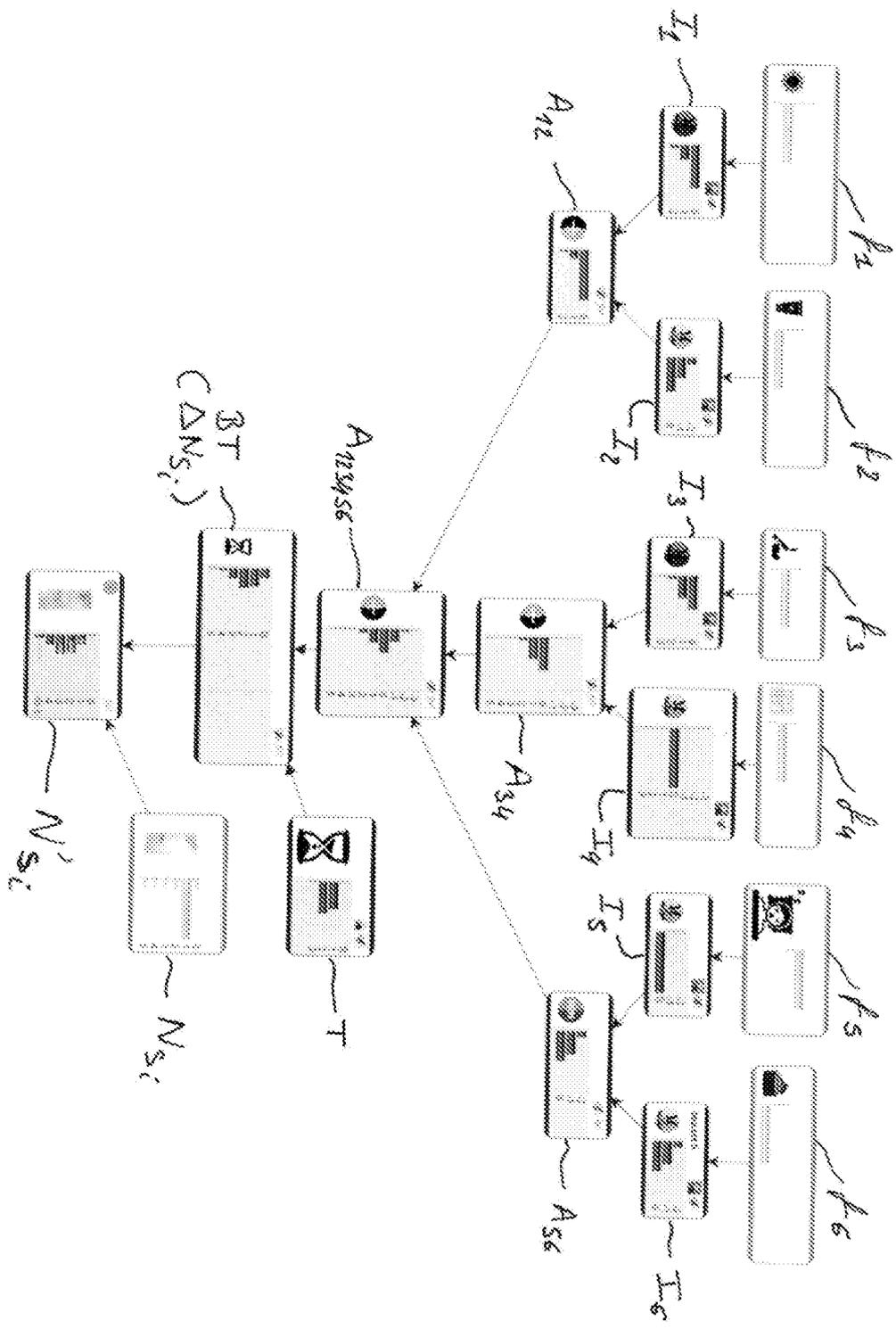
[Revendication 9] Système selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif d'acquisition de photographie numérique en communication avec la première entrée de donnée.

[Revendication 10] Système selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce qu'il comprend un générateur d'images (GAN) configuré pour générer, à partir des données d'image reçues ( $P_i$ ), une image modifiée ( $P_m$ ) présentant le degré de sévérité modifié ( $N's_i$ ).

[Fig. 1]



[Fig. 2]





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 915289**  
**FR 2300171**

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	EP 2 174 296 B1 (PROCTER & GAMBLE [US]) 24 juillet 2019 (2019-07-24) * alinéa [0001] * * alinéa [0043] - alinéa [0046] * * alinéa [0048] - alinéa [0049] * * alinéa [0079] * -----	1-10	G06T 11/00 G06V 40/00 G06T 1/40
X	EP 1 643 448 A2 (OREAL [FR]) 5 avril 2006 (2006-04-05) * abrégé * * alinéa [0106] - alinéa [0115] * * figures 12,13 * -----	1-10	
A	EP 3 699 811 A1 (OREAL [FR]) 26 août 2020 (2020-08-26) * abrégé * * alinéa [0021] - alinéa [0022] * -----	1-10	
A	US 2021/407153 A1 (DESPOIS JULIEN [FR] ET AL) 30 décembre 2021 (2021-12-30) * abrégé * * figure 4 * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  G06T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 juillet 2023		Luca, Mihai Bogdan	
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	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2300171 FA 915289**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **25-07-2023**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>EP 2174296</b>	<b>B1</b>	<b>24-07-2019</b>	<b>CA 2692667 A1</b>	<b>29-01-2009</b>
			<b>CN 101755288 A</b>	<b>23-06-2010</b>
			<b>CN 102903135 A</b>	<b>30-01-2013</b>
			<b>EP 2174296 A2</b>	<b>14-04-2010</b>
			<b>HK 1145727 A1</b>	<b>29-04-2011</b>
			<b>JP 5400187 B2</b>	<b>29-01-2014</b>
			<b>JP 2010534376 A</b>	<b>04-11-2010</b>
			<b>JP 2012181843 A</b>	<b>20-09-2012</b>
			<b>US 2009028380 A1</b>	<b>29-01-2009</b>
			<b>WO 2009014832 A2</b>	<b>29-01-2009</b>
-----				
<b>EP 1643448</b>	<b>A2</b>	<b>05-04-2006</b>	<b>EP 1643448 A2</b>	<b>05-04-2006</b>
			<b>FR 2875930 A1</b>	<b>31-03-2006</b>
-----				
<b>EP 3699811</b>	<b>A1</b>	<b>26-08-2020</b>	<b>EP 3699811 A1</b>	<b>26-08-2020</b>
			<b>WO 2020169214 A1</b>	<b>27-08-2020</b>
-----				
<b>US 2021407153</b>	<b>A1</b>	<b>30-12-2021</b>	<b>CN 116097319 A</b>	<b>09-05-2023</b>
			<b>EP 4150514 A1</b>	<b>22-03-2023</b>
			<b>JP 2023531265 A</b>	<b>21-07-2023</b>
			<b>KR 20230028481 A</b>	<b>28-02-2023</b>
			<b>US 2021407153 A1</b>	<b>30-12-2021</b>
			<b>WO 2022002964 A1</b>	<b>06-01-2022</b>
-----				