

# ANALYSE TRIDIMENSIONNELLE DE LA VOIE AÉRIENNE SUPÉRIEURE DES PATIENTS ATTEINTS D'UN SYNDROME D'APNÉES ET D'HYPOPNÉES OBSTRUCTIVES DU SOMMEIL PAR LA TECHNIQUE DU CONE BEAM

A. BRUWIER (1), A-L. POIRRIER (2), M. LIMME (3), R. POIRRIER (4)

**RÉSUMÉ :** L'évolution des techniques d'imagerie médicale de ces dernières décennies a permis une meilleure compréhension structurelle de la voie aérienne supérieure (VAS) responsable de troubles ventilatoires nocturnes. Le syndrome d'apnées et d'hypopnées obstructives du sommeil (SAHOS) trouve son origine dans un rétrécissement fonctionnel de la VAS. Ce rétrécissement est multifactoriel et peut intéresser des tissus et/ou l'architecture osseuse. Par exemple, le maxillaire peut être plus étroit dans 60 % des cas, et la rétroposition de la mandibule joue un rôle dans 30 % des cas, en moyenne. Les deux mécanismes peuvent coexister. Le Cone Beam (CBCT pour Cone Beam Computed Tomography) est une nouvelle technique d'imagerie médicale qui permet, avec moins d'irradiation que le scanner conventionnel, de visualiser où se situe le rétrécissement au passage de l'air. Seuls cinq auteurs ont actuellement réalisé des analyses tridimensionnelles par Cone Beam de la VAS de patients souffrant de SAHOS. Une meilleure connaissance de l'obstacle au niveau de la voie aérienne supérieure devrait permettre d'envisager un affinement des choix de traitement.

**MOTS-CLÉS :** *Cone Beam - Apnées obstructives du sommeil - Analyse tridimensionnelle de la voie aérienne supérieure*

## LE SAHOS

Le SAHOS se définit par la survenue d'apnées et d'hypopnées obstructives du sommeil. Deux cas de figure sont possibles : soit, un patient présente les signes cliniques classiques du SAHOS, tels que somnolence diurne excessive, ronflements, bouche très sèche le matin, nycturie et, sur la polygraphie de sommeil (PSG), des arrêts ou réductions d'échanges respiratoires, à raison de plus de cinq apnées ou hypopnées obstructives par heure de sommeil; soit, il n'a pas les signes cliniques, mais présente, sur la PSG, un indice d'apnées et d'hypopnées obstructives de plus de 15 par heure de sommeil (1). Par arrêt (apnée) ou réduction

## UPPER AIRWAY'S 3D ANALYSIS OF PATIENTS WITH OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA USING TOMOGRAPHIC CONE BEAM

**SUMMARY :** The progress of medical imaging over the last decades has led to a better understanding of the upper airway structure in sleep-disordered patients. The Obstructive Sleep Apnea Syndrome (OSA) is attributed to a functional narrowing of the upper airway, particularly of the oropharynx, during sleep. This narrowing is multifactorial. We have shown that in 60 % cases, the maxilla (nasal pyramid) seems too narrow. A mandible retroposition may also play a dominant role in 30 % of the cases. Both scenarios can be combined. Cone Beam Computed Tomography (CBCT) is a new medical imaging technique that permits to visualize the upper airway with less ionizing radiation than the conventional scanner. To date, only five authors have performed an upper airway's 3D analysis of sleep apnea patients with cone beam. A better understanding of the affected segment of the upper airway should help refine treatment options.

**KEYWORDS :** *Cone Beam - Obstructive sleep apnea - Upper airway's 3D analysis*

(hypopnée) respiratoire, on entend une interruption du flux naso-buccal, ou une réduction de celui-ci de plus de 30%, pendant 10 secondes ou plus. Dans le cas des hypopnées, il faut de surcroît une réaction d'éveil décelable sur le tracé de l'électroencéphalogramme ou de l'électromyogramme du menton ou une chute de l'oxymétrie de 3 % ou plus (2).

Les pathologies associées au SAHOS sont importantes. Parmi les plus fréquentes, on reconnaît une association causale avec l'hypertension artérielle et une comorbidité nette avec les troubles du rythme cardiaque (fibrillation auriculaire), avec le diabète de type 2, la dépression et les troubles cognitifs, et les accidents du travail ou de la circulation par endormissement (3).

Les traitements vont des règles d'hygiène de vie élémentaire à de la chirurgie lourde, d'avancée maxillo-mandibulaire (4). Il est un fait avéré que la découverte, en 1981, de l'efficacité symptomatique de la ventilation en pression positive continue par voie nasale (PPCn) (5) a, d'une part, renforcé la notion pathogénique du rétrécissement de la voie aérienne supérieure (VAS) au niveau du vélo- et de l'oro-pharynx

(1) Chef de Clinique, (3) Professeur, Service d'Orthodontie et d'Orthopédie dento-faciale, CHU de Liège.

(2) Chef de Clinique, Service d'Oto-Rhino-Laryngologie, CHU de Liège,

(4) Professeur, Université de Liège, Service de Neurologie, CHU de Liège. Centre du Sommeil (CETES), CHU de Liège.

et, d'autre part, bloqué un peu l'évolution de la compréhension du facteur étiopathogénique. D'autres traitements sont : l'amaigrissement (même si, à lui seul, un amaigrissement ne permet jamais d'obtenir la réduction totale d'un SAHOS), la remise en condition physique par des exercices musculaires locaux ou généraux, des traitements positionnels (lorsque les apnées et hypopnées obstructives prédominent sur le dos), et le traitement de stabilisation de la mâchoire par des orthèses d'avancée mandibulaire. Il faut encore signaler des traitements chirurgicaux par ablation des amygdales palatines, des réductions d'augmentations excessives de volume du voile ou de la luette, mais aussi des systèmes de pacemaker stimulant le tiers postérieur de la langue (6).

### LE CONE BEAM

Il est clair aujourd'hui qu'une meilleure connaissance des volumes des tissus osseux et des tissus mous de la voie aérienne supérieure permettrait de mieux fixer les indications de traitement curatif. Le pharynx est un conduit musculo-membraneux susceptible d'effondrement sur lui-même, situé entre deux parties rigides, le nez et la trachée. Toute augmentation des résistances à quelque niveau que ce soit de la VAS se traduit, donc, par un collapsus pharyngé. Ce collapsus est plus ou moins important en fonction de la résistance de l'obstacle, quel qu'il soit, de la pression transmurale musculaire pharyngée et de la pression externe définie par les muscles respiratoires. Un collapsus complet provoque l'apnée obstructive du sommeil et un collapsus partiel entraîne une hypopnée obstructive. Notre compréhension des troubles respiratoires du sommeil a considérablement évolué au cours des 30 dernières années et les techniques d'évaluation ont significativement progressé. Une multitude de techniques d'imagerie est disponible pour comprendre les caractéristiques dynamiques conduisant à un flux d'air turbulent, une étroitesse de la voie aérienne supérieure ou un collapsus à différents niveaux de cette voie. Une controverse subsiste quant au choix de ces investigations et la meilleure évaluation devrait reposer sur une combinaison de ces différentes techniques. L'anamnèse, l'examen clinique, les radiographies, les évaluations endoscopiques et acoustiques devraient être intégrées afin de comprendre le degré et les niveaux de réduction de la voie aérienne et/ou de l'obstruction chez un patient donné (7).

Parmi les facteurs osseux participant au SAHOS, on observe, en général, un hypodéve-

loppement des bases osseuses, maxillaire et mandibulaire, réduisant la voie aérienne sous-tendue par ces os au niveau du pharynx. Pour démontrer le rôle de ces facteurs osseux, les orthodontistes réalisent actuellement des céphalométries, soit un ensemble de mesures sur une radiographie de profil et sur une radiographie de face de la tête (8). Cependant, la technologie tridimensionnelle qu'offre le Cone Beam [Cone Beam Computed Tomography ou CBCT; en français, tomographie volumétrique numérisée à faisceau conique (TVNFC)] permet d'intégrer la radiographie de face et la radiographie de profil. Ces examens radiographiques réalisés chez le patient souffrant de SAHOS permettent de visualiser, au mieux, le ou les endroits où se produit l'obstruction sur la VAS lors des apnées/hypopnées obstructives du sommeil. De plus, avec la technique 3D, les superpositions des structures se trouvant entre la source de rayons X et le détecteur sont évitées. La possibilité d'obtenir des coupes de 0,075 mm d'épaisseur par rapport au scanner conventionnel (tomodensitométrie) qui n'obtient des coupes que de 0,7 mm au minimum, est aussi un avantage décisif pour l'examen de la VAS, région particulièrement complexe. Le diagnostic étiologique à l'aide du Cone Beam, dans un cadre pluridisciplinaire réunissant les neurologues, les ORL et les chirurgiens maxillo-faciaux, devrait permettre de guider au mieux le traitement du patient atteint de SAHOS. L'intérêt du Cone Beam réside, enfin, dans l'analyse de mesures de volumes avec 10 fois moins de rayons X que le scanner conventionnel.

L'approche tridimensionnelle de la VAS apparaît déterminante pour l'évaluation et le traitement du SAHOS. Les repères et mesures réalisés avec le Cone Beam sont plus précis qu'avec la radiographie classique de céphalométrie en deux dimensions (9). Il n'existe pas encore de recommandations cliniques relatives à cette technique. Peu d'études s'y sont intéressées étant donné sa relative nouveauté, en pratique médicale et dentaire. Les premiers appareils de Cone Beam sont apparus il y a 20 ans tandis que les mesures céphalométriques classiques sont utilisées depuis 1931. Pour Ramirez et coll. (10), les mesures angulaires hémifaciales ou faciales sur Cone Beam sont reproductibles et validées lorsqu'on les compare aux mesures obtenues sur une radiographie de profil. Park et coll. (11) ont validé un plan de référence horizontal sur Cone Beam réalisé de la glabelle du patient jusqu'au menton, plan valable même si le patient est asymétrique. Il s'agit du plan Or-3D, tangent aux planchers orbitaires gauche

et droit. En plus d'un haut niveau de précision, la reproductibilité des mesures est essentielle pour les images 3D. Pour Shibata et coll. (12), une analyse appropriée doit tenir compte de la dose de radiation et du but de l'étude.

Cinq auteurs ont publié une analyse tridimensionnelle par Cone Beam de la face des patients atteints de SAHOS (tableau I). Ces études portent sur des groupes d'individus qui vont de 1 à 86 patients (13-18).

Pour Enciso et coll. (14), le patient est en décubitus dorsal lors du cliché CBCT. La présence et la sévérité du SAHOS sont associées à une VAS plus étroite dans le sens transversal, un âge plus avancé, un patient de sexe masculin et un risque élevé indiqué par le questionnaire de Berlin (19). Par rapport aux sujets présentant un ronflement simple, les patients avec SAHOS sont, de façon prédominante, des hommes, en moyenne 7 ans plus âgés, présentant un tour de cou et un indice de masse corporelle (IMC) plus élevés. La surface de coupe transversale minimum de la VAS ainsi que sa dimension transversale (<17 mm) sont significativement plus petites et de forme plus sphérique chez le patient atteint de SAHOS. La plus petite surface se trouve en rétropalatin chez tous les sujets, au-dessus de l'extrémité du voile du palais. Dans l'étude de Shigeta et coll. (15), les mesures linéaires de la VAS ne sont pas significativement différentes entre les 2 groupes (SAHOS vs contrôles), mais le rapport de la surface de coupe transversale de la VAS, en rétrolingual, sur la surface déterminée par les dimensions antéro-postérieure et latérale de cette VAS est significativement plus petit, de 8,8% chez les apnéiques après ajustement pour l'âge, le sexe et l'IMC. La pre-

mière raison serait la différence de forme de la VAS et pas ses dimensions maximales latérale et antéro-postérieure. Dans le groupe SAHOS, il existe une corrélation négative entre l'âge et le rapport surface en coupe transversale de la VAS/ dimensions antéro-postérieure et latérale de cette VAS. Welch et coll. (20) ont analysé le volume de la VAS sur les IRM de 12 patientes obèses non apnéiques. Après une perte de poids de 17 kg, le volume de la VAS en rétrolingual a augmenté de 55,8% et de 28,76% en rétropalatin. L'IRM a permis de montrer un gain sur les tissus mous.

Pereira-Filho et coll. (17) ont réalisé des CBCT de la VAS chez 15 patients adultes atteints de SAHOS. Aucune différence significative n'a été mise en évidence au niveau du volume de la VAS, avant et après chirurgie d'expansion maxillaire. Par contre, une différence significative a été trouvée au niveau de la localisation de la plus petite surface de section de la VAS entre le début et la fin du traitement d'expansion; elle se localise plus bas après le traitement.

Korayem et coll. (18) ont comparé 12 enfants SAHOS avec 11 enfants contrôles ne présentant pas d'apnées du sommeil. Les enfants apnéiques avaient une plus courte longueur maxillaire et mandibulaire par rapport aux normes de la partie antérieure de la base du crâne. Ces auteurs mesurent la projection du maxillaire (point ENA pour Epine Nasale Antérieure) par rapport à une droite perpendiculaire au plan occlusal déterminé par l'occlusion dentaire passant par le point S (milieu de la selle turcique), mesure décrite par Pancherz (21). Sur cette droite, le point ENA est plus postérieur chez les enfants

TABLEAU I. REVUE DE LITTÉRATURE DES ÉTUDES PAR CONE BEAM DE PATIENTS ATTEINTS DE SAHOS

Auteur	Année	Origine	Logiciel utilisé	N (SAHOS)	Résultats
Strauss et Wang (13)	2012	USA	Non communiqué	1	
Enciso et coll. (14)	2010	USA	Vworks 5.0 (Corée)	80	
Shigeta et coll. (15)	2008	Japon	Vworks 4.0	29	Différence de surface et de forme
Enciso et coll. (16)	2012	USA	Vworks 5.0	86	
Pereira-Filho et coll. (17)	2013	Brésil	Dolphin3D	15	Différence de surface
Korayem et coll. (18)	2013	Canada	Dolphin 3D	12 (enfants)	

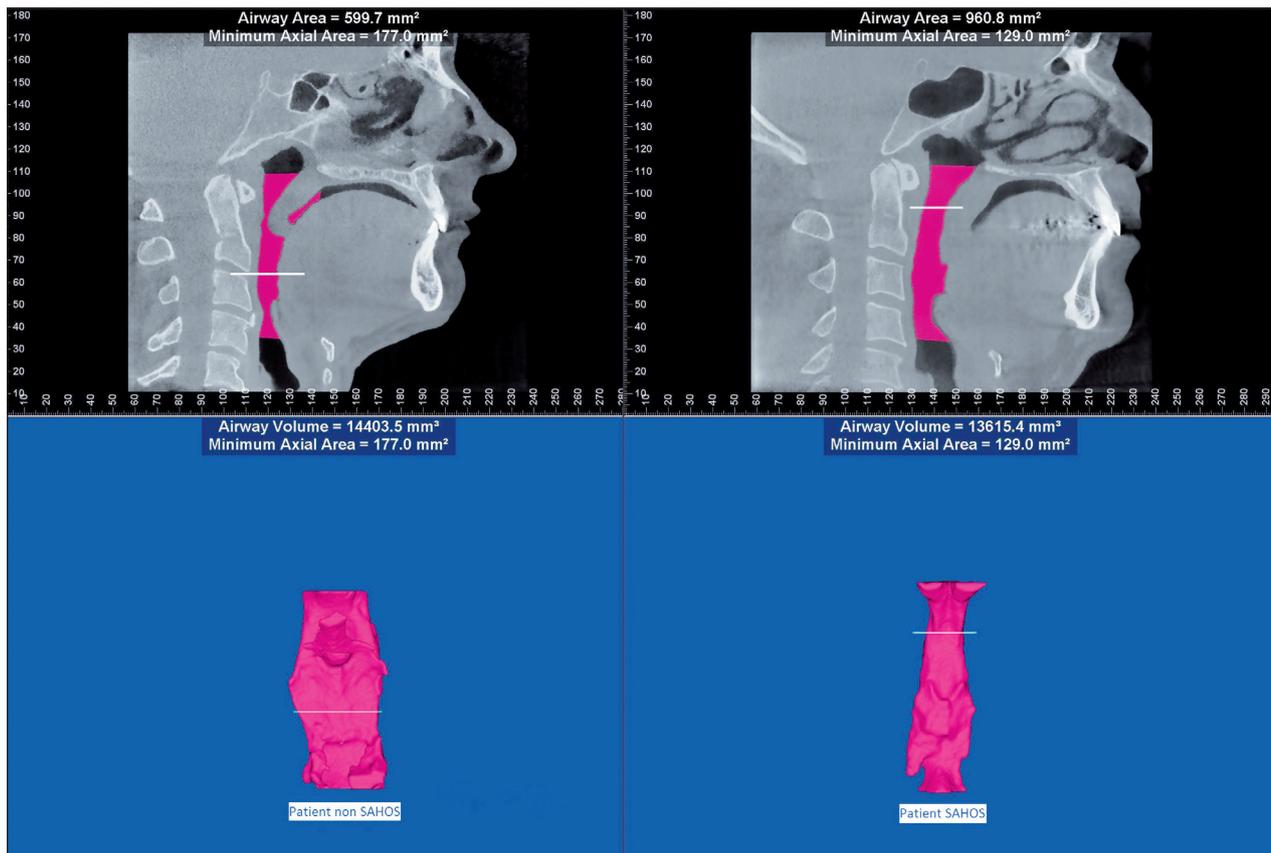


Figure 1. Image de profil et image 3D de face de la voie aérienne supérieure d'un patient non SAHOS (à gauche) et d'un patient SAHOS (à droite).

apnéiques. Aucune mesure de volume n'a été effectuée.

Le tableau II montre les différences entre le CT scanner conventionnel et le CBCT.

## MESURES CÉPHALOMÉTRIQUES

Nous utilisons le Cone Beam New Tom 5G en décubitus dorsal, car la force de gravité influence la posture de la langue notamment. Le programme informatique utilisé pour les mesures de volume est le logiciel Dolphin Imaging 11.7 (fig. 1) de la société américaine Dolphin. Il permet, par la technique de la segmentation manuelle ou automatique, d'isoler, par exemple, le volume de la voie aérienne supérieure du patient sur la radiographie CBCT. L'analyse tridimensionnelle comprend 49 paramètres dont des variables volumétriques. Son application clinique est actuellement en cours de validation dans notre laboratoire.

## CONCLUSION

Actuellement, aucune étude n'a été réalisée en Europe pour analyser par Cone Beam la VAS du

TABLEAU II. DIFFÉRENCES ENTRE LE SCANNER CONVENTIONNEL ET LE CBCT

Ct scan	CBCT
Faisceau droit de RX	Faisceau conique de RX
Balayage en coupes puis reconstruction volumique	Balayage volumique puis reconstruction en coupes
Plusieurs rotations autour du patient	Une rotation autour du patient
Pas de modification des coupes	Modification possible des coupes
Irradiation non limitée à la VAS	Irradiation ciblée de la VAS
Résolution des coupes de 0,7 à 1mm	Résolution des coupes jusqu'à 0,075mm
Meilleur contraste, en particulier pour les tissus mous	Moins de contraste
Artéfacts métalliques	Moins d'artéfacts métalliques
Densité calculable en unités d'Hounsfield	Pas d'unité Hounsfield car asymétrique
Dose plus importante	Dose moins importante (3 à 7 fois moins)
Plus cher	Moins cher
Peu d'artéfacts cinétiques en raison de la rapidité d'acquisition	Artéfacts cinétiques possibles si patient instable

patient atteint de SAHOS. Peu d'études ont été réalisées dans le monde. Elles ne sont pas toutes unanimes. Des normes statistiques sur de larges populations de sujets sont encore à établir en matière d'analyse de volumes de la VAS ainsi que de volumes osseux. Pour nous, l'étude préliminaire des potentialités de cet appareil utilisé au CHU du Sart Tilman montre cependant que, pour le SAHOS, cette analyse tridimensionnelle de la VAS permettra d'affiner grandement le diagnostic étiopathogénique du SAHOS. On pourra alors mieux cibler le traitement de ces patients. La technologie du Cone Beam n'en est qu'à ses débuts, mais c'est une voie d'avenir indéniable pour toute pathologie de la VAS. Nous pensons que l'imagerie 3D issue du Cone Beam permettra de contribuer de manière très significative au bilan diagnostique des patients SAHOS afin d'augmenter la pertinence des choix thérapeutiques. Notre expérience, basée sur la céphalométrie, nous montre que les mesures intéressantes seront la dimension volumétrique du maxillaire ainsi que la longueur de la base du crâne, la mesure de la distance entre la mandibule et l'os hyoïde, la mesure du décalage entre les mâchoires supérieure et inférieure, la mesure des dimensions du nez et des cavités nasales. Nous voulons ainsi montrer que le mode ventilatoire adopté dans l'enfance, pour toute une série de raisons classiquement reconnues par les orthodontistes et les médecins (allaitement au sein ou au biberon, allergies, alimentation solide ou molle... et qui en font un respirateur nasal ou un respirateur buccal, surtout la nuit), peut aboutir à long terme à des troubles de croissance osseuse associés à la respiration buccale. Ces troubles et dyscroissances peuvent mener au syndrome des apnées et des hypopnées obstructives du sommeil. Deux objectifs seront alors à notre portée, d'une part, prévenir l'irruption du SAHOS dès l'enfance, en restaurant une respiration nasale et, d'autre part, traiter de manière plus précise, et plus causale, le SAHOS de l'adulte.

## BIBLIOGRAPHIE

- American Academy of Sleep Medicine.— International classification of sleep disorders : diagnostic and coding manual. 2005.
- Berry RB, Gamaldo CE.— The AASM manual for the scoring of sleep and associated events : rules, terminology and technical specifications. 2012, 75.
- Vijayan VK.— Morbidities associated with obstructive sleep apnea. *Expert Rev Respir Med*, 2012, **6**, 557-566.
- Gilon Y, Raskin S, Heymans O, et al.— Le rôle de la chirurgie maxillo-faciale dans le syndrome des apnées et hypopnées obstructives du sommeil. *Rev Belge Med Dent*, 2002, **57**, 93-110.
- Sullivan CE, Issa FG, Berthon-Jones M, et al.— Reversal of obstructive sleep apnoea by continuous positive airway pressure applied through the nares. *Lancet*, 1981, **1**, 862-865.
- Strollo PJ Jr, Soose RJ, Maurer JT, et al.— Upper-airway stimulation for obstructive sleep apnea. *N Engl J Med*, 2014, **370**, 139-149.
- Poirrier AL, Fanielle J, Bruwier A, et al.— Upper airway imaging in sleep-disordered breathing. *Acta Neurologica Belgica*, 2014, **114**, 87-93.
- Poirrier AL, Pire S, Raskin S, et al.— Contribution of postero-anterior cephalometry in obstructive sleep apnea. *Laryngoscope*, 2012, **122**, 2350-2354.
- Nervina JM.— Cone beam computed tomography use in orthodontics. *Aust Dent J*, 2012, **57**, 95-102.
- Ramirez-Sotelo LR, Almeida S, Ambrosano G, et al.— Validity and reproducibility of cephalometric measurements performed in full and hemifacial reconstructions derived from cone beam computed tomography. *Angle Orthod*, 2012, **82**, 827-832.
- Park JU, Kook YA, Kim Y.— Assessment of asymmetry in a normal occlusion sample and asymmetric patients with three-dimensional cone beam computed tomography. *Angle Orthod*, 2012, **82**, 860-867.
- Shibata M, Nawa H, Kise Y, et al.— Reproducibility of three-dimensional coordinate systems based on craniofacial landmarks. *Angle Orthod*, 2012, **82**, 776-784.
- Strauss RA, Wang N.— Cone beam computed tomography and obstructive sleep apnoea. *Aust Dent J*, 2012, **57**, 61-71.
- Enciso R, Nguyen M, Shigeta Y, et al.— Comparison of cone-beam CT parameters and sleep questionnaires in sleep apnea patients and control subjects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2010, **109**, 285-293.
- Shigeta Y, Enciso R, Ogawa T, et al.— Correlation between retroglossal airway size and body mass index in OSA and non-OSA patients using cone beam CT imaging. *Sleep Breath*, 2008, **12**, 347-352.
- Enciso R, Shigeta Y, Nguyen M, et al.— Comparison of cone-beam computed tomography incidental findings between patients with moderate/severe obstructive sleep apnea and mild obstructive sleep apnea/healthy patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2012, **114**, 373-381.
- Pereira-Filho VA, Monnazi MS, Gabrielli MA, et al.— Volumetric upper airway assessment in patients with transverse maxillary deficiency after surgically assisted rapid maxillary expansion. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2014, **43**, 581-586.
- Korayem MM, Witmans M, MacLean J, et al.— Craniofacial morphology in pediatric patients with persistent obstructive sleep apnea with or without positive airway pressure therapy : a cross-sectional cephalometric comparison with controls. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013, **144**, 78-85.
- Margallo VS, Muxfeldt ES, Guimaraes GM, et al.— Diagnostic accuracy of the Berlin questionnaire in detecting obstructive sleep apnea in patients with resistant hypertension. *J Hypertens*, 2014, **32**, 2030-2037.
- Welch KC, Foster GD, Ritter CD, et al.— A novel volumetric magnetic resonance imaging paradigm to study upper airway anatomy. *Sleep*, 2002, **25**, 532-542.
- Pancherz H, Knapp V, et al.— Divine proportions in attractive and nonattractive faces. *World J Orthod*, 2010, **11**, 27-36.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Dr A. Bruwier, Service d'Orthodontie et Orthopédie dento-faciale, CHU de Liège, 4000 Liège, Belgique. Email : abruwier@yahoo.fr