



# Le contrôle des voies aériennes supérieures en anesthésie-réanimation

MÉMOIRE présentée par :

**Dr. HADDARI FATIMA-ZAHRA**

Née le 05 Septembre 1990 à Taounat

**POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE SPÉCIALITÉ EN  
MÉDECINE**

OPTION :

**ANÉSTHÉSIE-RÉANIMATION**

Sous la direction de :

**Pr. HARANDOU MUSTAPHA**

**Session Juin 2022**

Pr. Harandou Mustapha  
Chef de Service  
Hôpital mère-Enfant  
Anesthésie-Réanimation  
Fes

# **PLAN**

## I. Introduction

## II. Anatomie – Physiologie des voies aériennes supérieures

### 1. Organisation anatomique des voies aériennes supérieures

- a. Fosses nasales et nasopharynx
- b. Larynx
- c. Trachée

### 2. Fonctions physiologiques des voies aériennes supérieures

- a. Fonction de protection
- b. Fonction de respiration
- c. Fonction de phonation
- d. Fonction de déglutition

### 3. Particularités anatomo-physiologiques chez l'enfant

### 4. Particularités anatomo-physiologiques au cours de la grossesse

## III. Effets de l'anesthésie sur les voies aériennes supérieures

### 1. Sites d'obstruction

- a. Vélopharynx
- b. Epiglotte
- c. Base de la langue
- d. Amygdales et végétations adénoïdes

### 2. Effets des agents anesthésiques

- a. Anesthésiques locaux
- b. Anesthésiques halogénés
- c. Hypnotiques intraveineux
- d. Opioïdes
- e. Curares

### 3. Prévention et traitement de l'obstruction

- a. Manœuvres pour libérer les voies aériennes
- b. Mise sous pression positive continue des VAS (CPAP)
- c. Canules oropharyngées et nasopharyngées
- d. Antagonisation des curares

## IV. Avant l'étape de contrôle des VAS

### 1. Préparation du patient

2. Monitoring
3. Prévention de l'inhalation
  - 3.1. Incidence
  - 3.2. Facteurs de risque
  - 3.3. Prévention
4. Préoxygénation
  - 4.1. Principes de préoxygénation
  - 4.2. Monitoring de la préoxygénation
  - 4.3. Réalisation de la préoxygénation
  - 4.4. Conduite de la préoxygénation selon le terrain
  - 4.5. Conduite à tenir en cas d'échec de la préoxygénation
  - 4.6. Oxygénation apnéique
5. Induction anesthésique
  - 5.1. Induction intraveineuse standard avec curarisation
  - 5.2. Induction intraveineuse sans curarisation
  - 5.3. Induction en séquence rapide
  - 5.4. Induction inhalatoire

## V. Etape de contrôle des VAS

1. Ventilation au masque facial
  - 1.1. Matériel de ventilation au masque
    - a. Masque facial
    - b. Canules oropharyngées de Guedel
    - c. Canules nasopharyngées de Wendel
  - 1.2. Techniques de ventilation au masque
  - 1.3. Evaluation de l'efficacité
2. Dispositifs supraglottiques
  - 2.1. Masques laryngés
  - 2.2. Masques laryngés pour intubation
  - 2.3. Combitube et tubes laryngés
3. Intubation trachéale
  - 3.1. Indications de l'intubation
  - 3.2. Contre-indications de l'intubation
  - 3.3. Matériel d'intubation

3.3.1. Sondes d'intubations

3.3.2. Laryngoscopes

3.3.3. Mandrins d'intubation / Stylets lumineux et optiques

3.4. Techniques d'intubation

a. Intubation orotrachéale

b. Intubation nasotrachéale

c. Intubation sélective

3.5. Complications d'intubation

VI. Gestion difficile des voies aériennes supérieures

1. Ventilation au masque facial difficile ou impossible

1.1. Incidence des difficultés de ventilation au masque

1.2. Causes d'une ventilation au masque difficile

1.3. Critères prédictifs de ventilation au masque difficile

1.4. Critères prédictifs de ventilation au masque impossible

2. Intubation difficile

2.1. Incidence d'intubation difficile

2.2. Etiologies

2.3. Critères prédictifs d'intubation difficile

a. Grades de Cormack et Lehane

b. Classification de Mallampati

c. Distance thyro-mentale

d. Extension de l'articulation atlanto-occipitale

e. Protrusion mandibulaire

f. Test de morsure de la lèvre supérieure

g. Ouverture buccale

h. Autres tests

2.4. Scores prédictifs d'intubation difficile

3. Echographie et gestion des voies aériennes supérieures

4. TDM et gestion des voies aériennes supérieures

5. Techniques d'intubation difficile

6. Place de l'endoscopie flexible dans l'intubation difficile

7. Gestion invasive ou infraglottique des voies aériennes

7.1. Jet-ventilation

7.2. Intubation rétrograde

7.3. Cricothyrotomie

7.4. Trachéotomie

8. Algorithmes de prise en charge des principales sociétés savantes

a. Les guidelines de la SFAR

b. Les guidelines de l'ASA

c. Les guidelines de la DAS

d. Les guidelines du CAFG

VII. Extubation

VIII. Situations particulières

1. Gestion des VAS chez l'enfant

2. Gestion des VAS en obstétrique

3. Gestion des VAS en cas d'arrêt cardio-respiratoire

4. Gestion des VAS en médecine d'urgence

5. Gestion des VAS au cours de la pandémie COVID 19

IX. Conclusion

X. Résumé

Références

## Liste des abréviations

ACR : arrêt cardiorespiratoire

AG : anesthésie générale

AHA : American Heart Association

AIVOC : anesthésie intraveineuse à objectif de concentration

ALR: anesthésie locorégionale

ASA: American Society of Anesthesiologists

ASTM: American Society for Testing and Material

ATM : articulation temporo-mandibulaire

BAVU : ballon auto-remplisseur à valve unidirectionnelle

BPCO: bronchopneumopathie chronique obstructive

BURP: Backward, Upward and Rightward Pressure: manœuvre laryngée externe

CAFG: Canadian Airway Focus Group

CAM: concentration alvéolaire minimale

CICO: cannot intubate / cannot oxygenate

cm : centimètre

cmH<sub>2</sub>O: centimètre d'eau

CNP : canule nasopharyngée

CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone

COP : canule oropharyngée

CPAP : pression positive continue

CRF : capacité résiduelle fonctionnelle

CV : capacité vitale

DAS: Difficult Airway Society

DD: décubitus dorsal

DLD : décubitus latéral droit

DS : déviation standard

DSG : dispositif supraglottique

DTM : distance thyro-mentonnaire

FAO<sub>2</sub> : fraction alvéolaire d'oxygène

FeO<sub>2</sub> : fraction de fin d'expiration de l'oxygène

FiO<sub>2</sub> : fraction inspirée en oxygène  
GE : guide d'Eschmann  
ID : intubation difficile  
IMC : indice de masse corporelle  
INT : intubation nasotrachéale  
IOT : intubation oro-trachéale  
IRM : imagerie par résonance magnétique  
ISR : induction séquence rapide  
IV : intraveineux  
IX: nerf glosso-pharyngien  
Kg: kilogramme  
l : litre  
LT : tube laryngé  
MCT : membrane cricothyroïdienne  
min : minutes  
ml : millilitre  
ML: masque laryngé  
MLI : Masques laryngés pour intubation  
mm : millimètre  
mmHg : millimètre de mercure  
N<sub>2</sub>O : protoxyde d'azote  
OAA : Obstetric Anaesthetists' Association  
OHDN : oxygénothérapie nasale à haut débit  
OMS : Organisation mondiale de la santé  
ORL : oto-rhino-laryngologie  
PaO<sub>2</sub> : la pression partielle en oxygène  
PC : pression cricoïde  
PEP : pression expiratoire positive  
PO : préoxygénation  
PVC : polychlorure de vinyle  
RCP : réanimation cardio-pulmonaire  
RFE : recommandations formalisées d'experts  
RGO : reflux gastro-œsophagien

SA : semaine d'aménorrhée  
SaO<sub>2</sub> : saturation artérielle en oxygène  
SAOS : syndrome d'apnée obstructive du sommeil  
SAU : services d'accueil des urgences  
SDL : sondes à double-lumière  
SFAR : société française d'anesthésie-réanimation  
SIO : sphincter inférieur de l'œsophage  
SMUR : services mobiles d'urgence et de réanimation  
SpO<sub>2</sub> : saturation pulsée en oxygène  
SSPI : salle de surveillance post-interventionnelle  
TDM : tomodensitométrie  
TOF : Train OF Four (train de quatre)  
µg : microgramme  
USI : unité de soins intensifs  
V : nerf trijumeau  
VAC : ventilation assistée contrôlée  
VAI : voies aériennes inférieures  
VAS : voies aériennes supérieures  
VL : vidéo-laryngoscope  
VMD : ventilation au masque difficile  
VNI : ventilation non invasive  
VO<sub>2</sub> : consommation en oxygène  
VS : ventilation spontanée  
VT : volume courant  
X : nerf pneumogastrique

## **I. Introduction :**

La liberté des voies aériennes supérieures est une préoccupation constante de l'anesthésiste-réanimateur pour assurer le passage du flux gazeux vers les voies aériennes du patient et assurer l'apport d'oxygène et éventuellement des gaz anesthésiques [1].

Le contrôle des voies aériennes en réanimation est un sujet relativement nouveau et surtout avec une prise de conscience assez récente des enjeux en particulier en terme de morbi-mortalité [2]. Pour l'anesthésie, a contrario, le sujet avait déjà été abordé depuis longtemps puisque le premier référentiel français traitant des difficultés du contrôle des voies aériennes date de 1996 sous l'égide de la société française d'anesthésie-réanimation (SFAR) [3].

L'expertise de l'anesthésiste-réanimateur en matière de gestion et de contrôle des voies aériennes est reconnue par l'ensemble des professionnels de la santé. Bien qu'il ne soit pas le seul intervenant habilité à procéder à la mise en place de dispositifs destinés à assurer la perméabilité des voies aériennes, la ventilation et l'oxygénation, l'anesthésiste est généralement celui qui est sollicité en cas de difficultés, qu'il s'agisse ou non de situations urgentes. L'anesthésiste se retrouve donc dans une position privilégiée puisque ses activités en salle d'opération l'amènent à poser les gestes nécessaires au maintien des voies aériennes de manière quotidienne et répétée [4].

La laryngoscopie directe menant à l'intubation trachéale demeure un élément important du contrôle des voies aériennes, mais cette seule option ne permet pas de faire face à l'ensemble des problèmes posés. Il est donc impératif de maîtriser un ensemble de techniques aptes à assurer la perméabilité des voies aériennes, que ce soit par l'introduction d'une sonde trachéale, l'emploi de dispositifs ventilatoires supraglottiques ou la réalisation de manœuvres invasives visant l'abord infraglottique des voies aériennes [5]. La maîtrise technique de ces diverses options doit s'exercer dans le cadre d'une approche logique, adaptée à chaque situation nécessitant la prise en charge ventilatoire et centrée d'abord sur la sécurité et l'oxygénation [4].

L'intubation difficile a fait l'objet de nombreuses recommandations et de publications d'algorithmes de prise en charge par les sociétés savantes. Ces recommandations et leur diffusion lors de congrès, de séminaires et d'ateliers ont contribué à diminuer les accidents liés à l'intubation et à la prise en charge des voies aériennes [1].

Ainsi, nous avons décidé de mettre la lumière sur le contrôle des voies aériennes supérieures en anesthésie-réanimation à travers une revue de la littérature qui a pour objectif :

- Exposer les différents signes permettant la prédiction du risque de difficulté du contrôle des voies aériennes ainsi que les différents scores utilisés,
- Détailler les différentes stratégies et techniques mises à disposition de l'anesthésiste-réanimateur pour mieux contrôler ce risque,
- Préciser les différentes recommandations élaborées,
- Et enfin, déterminer les principes d'utilisation des algorithmes en relation avec les techniques d'anesthésie.

## II. Anatomie – Physiologie des voies aériennes supérieures

Les voies aériennes supérieures (VAS) constituent la partie extrathoracique des voies aériennes, comprenant de nombreuses structures anatomiques impliquées dans de grandes fonctions physiologiques : la respiration, la phonation et les réflexes de défense et de protection des voies aériennes [6].

Les structures impliquées dans ces fonctions sont les fosses nasales, le pharynx (comprenant le nasopharynx, l'oropharynx et l'hypopharynx), le larynx, la région sous-glottique et la trachée extrathoracique (ou cervicale). Il est important de comprendre l'anatomie de ces différentes structures et leurs innervations avant d'aborder les fonctions physiologiques [6].

### 1. Organisation anatomique des voies aériennes supérieures

#### a. Fosses nasales et nasopharynx [6] :

Les fosses nasales sont constituées par un squelette osseux (la pyramide nasale) et une armature cartilagineuse comprenant notamment la cloison nasale, dont la déviation peut rendre difficile l'introduction d'une sonde d'intubation nasotrachéale. Dans les fosses nasales, on trouve les cornets inférieurs, moyens et supérieurs (figure 1) qui sont des reliefs cartilagineux recouverts de muqueuse. L'hypertrophie des cornets inférieurs réduit le calibre des fosses nasales et peut gêner la mise en place de la sonde d'intubation, d'où l'intérêt d'un méchage nasal préalable par de la Xylocaïne naphazolinée® permettant une rétraction des cornets inférieurs facilitant l'intubation et limitant le risque d'épistaxis.

Le nasopharynx est l'espace situé en arrière des fosses nasales, dont il réalise la jonction entre celles-ci et l'oropharynx. À ce niveau, une hypertrophie des végétations adénoïdes peut être responsable de difficulté d'intubation et d'épistaxis. Ceci est particulièrement vrai chez l'enfant où ces végétations sont souvent hypertrophiées puis vont se rétracter pour disparaître habituellement vers l'âge de 12 ans.

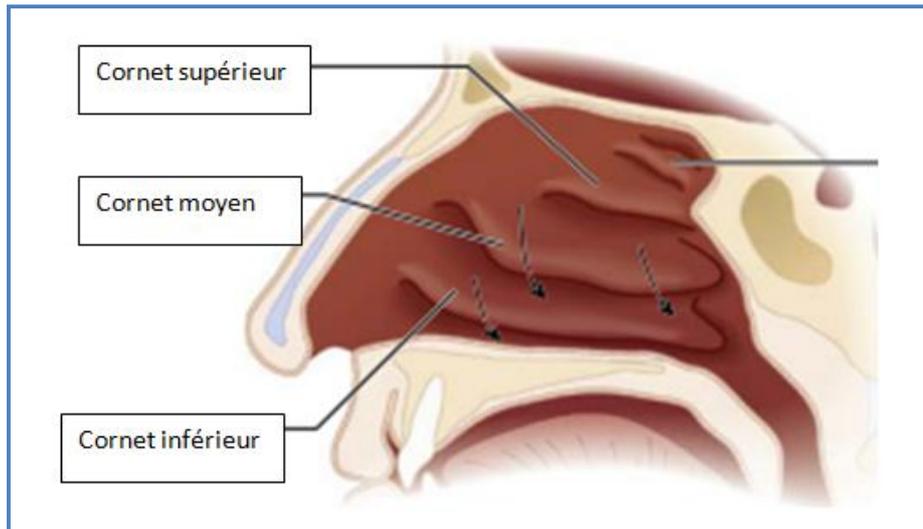


Figure 1 : Paroi latérale de la cavité nasale [7].

### **b. Larynx**

Le larynx se compose d'un squelette cartilagineux, de ligaments et d'une musculature intrinsèque et extrinsèque. L'ensemble fibro-cartilagineux est mobilisé par les muscles du pharynx, les muscles linguaux et les muscles cervicaux. Le squelette ostéo-cartilagineux est constitué de cinq cartilages. Le cartilage cricoïde représente l'élément essentiel de la charpente laryngée. Il a la forme d'une bague à chaton. Son diamètre antéropostérieur est de 25 mm et son diamètre transversal de 20 mm. Les cartilages aryénoïdiens sont deux cartilages, de forme pyramidale, articulés avec le cricoïde. Le cartilage thyroïdien a la forme d'un dièdre ouvert en arrière. Il est formé de deux lames latérales unies par leur bord antérieur formant un angle de 90° chez l'homme et de 120° chez la femme. L'épiglotte est située à la partie antéro-supérieure du larynx. Elle a la forme d'une lamelle aplatie d'avant en arrière fixée à l'angle rentrant du cartilage thyroïde [6].

Les ligaments unissent les cartilages entre eux pour former le squelette fibro-cartilagineux du larynx. L'os hyoïde, situé à la partie supérieure du larynx, va permettre son amarrage. Trois membranes complètent le squelette fibro cartilagineux: thyro-hyoïdienne, hyo-épiglottique et cricothyroïdienne [6].

Les muscles laryngés extrinsèques amarrent le larynx au pharynx, à la langue et au squelette. Ces muscles assurent la fixation, l'ascension du larynx et jouent un rôle dans la déglutition. Les muscles laryngés intrinsèques ont leurs insertions sur le squelette laryngé. Ils assurent la fermeture et l'ouverture du larynx pour permettre les fonctions de phonation et de respiration [6].

On différencie habituellement trois régions (Figure 2) :

- La région sus-glottique correspond à l'épiglotte (face laryngée), aux bandes ventriculaires et aux aryténoïdes;
- La région glottique correspond aux cordes vocales (plis vocaux);
- La région sous-glottique se situe à la face inférieure des cordes vocales jusqu'à la partie supérieure de la trachée.

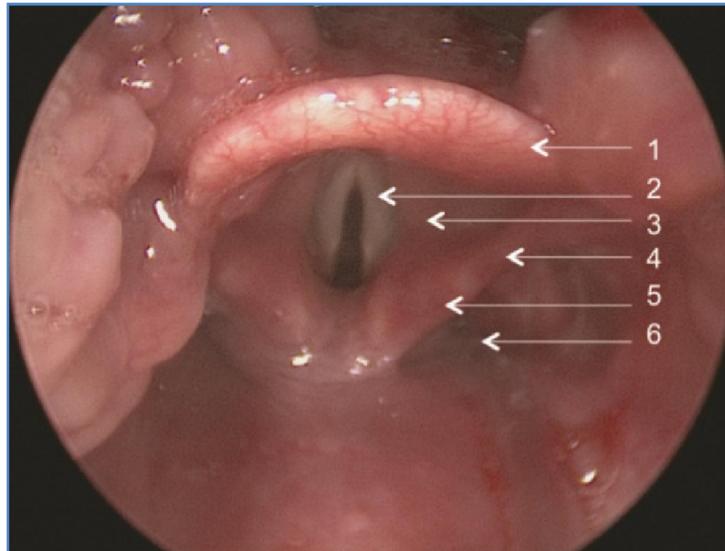


Figure 2 : Aspect endoscopique du carrefour pharyngo-laryngé [6].

1 : épiglotte ; 2 : corde vocale droite ; 3 : bande ventriculaire droite ; 4 : repli ary-épiglottique droit ;  
5 : aryténoïde droite ; 6 : sinus piriforme droit

L'innervation laryngée est assurée par deux branches principales du nerf pneumogastrique (X) : le nerf laryngé supérieur et le nerf laryngé inférieur (ou nerf récurrent). Le nerf laryngé supérieur naît du pôle inférieur du ganglion plexiforme puis va se diviser en une branche supérieure sensitive pour la muqueuse sus-glottique, et une branche inférieure motrice pour le muscle crico-aryténoïdien [8]. Le nerf laryngé inférieur [9], moteur, innerve les autres muscles du larynx. Les nerfs laryngés inférieurs droit et gauche ont un trajet différent. Le nerf laryngé droit naît du X en arrière du confluent veineux brachio-céphalique et contourne d'avant en arrière l'artère sous-clavière. À gauche, le nerf laryngé inférieur naît du X en avant de la crosse aortique et remonte verticalement dans l'angle trachéo-œsophagien; compte tenu de sa naissance au niveau thoracique, le trajet du nerf laryngé inférieur est plus long du côté gauche [10].

**c. Trachée**

La trachée est un conduit d'air tubulaire qui mesure environ 12 cm de long et 2,5 cm de diamètre, situé devant l'œsophage et s'étend jusqu'au bord supérieur de la cinquième vertèbre thoracique où elle se divise pour former les bronches souches aussi appelées bronches principales ou bronches primaires. Elle est maintenue ouverte grâce à une série d'anneaux cartilagineux [6].

**2. Fonctions physiologiques des voies aériennes supérieures**

**a. Fonction de protection**

Les réflexes de protection des VAS sont le contrôle de la perméabilité des VAS et la protection du poumon. Lors de l'anesthésie, le contrôle des VAS ne va être possible qu'à la condition d'une dépression de ces mécanismes de protection. De manière schématique, une anesthésie insuffisante peut être à l'origine de réflexes exacerbés; au contraire, une anesthésie trop profonde peut exposer le poumon [6]. Ces réflexes ont un arc réflexe comportant des centres périphériques, des voies afférentes, un ou des centres intégrateurs, des voies efférentes et des effecteurs (organique ou musculaire). Les récepteurs laryngés vont répondre à des stimuli chimiques ou mécaniques. Il peut s'agir de mécanorécepteurs, d'osmorécepteurs, de thermorécepteurs, de chémorécepteurs ou de propriocepteurs [11]. Les voies afférentes laryngées sont le nerf trijumeau (V), le glosso-pharyngien (IX) et le vague (X) avec sa branche pharyngée. Les afférences vont arriver au niveau du faisceau solitaire (partie dorsale du bulbe) et établir des connexions au niveau de la région du noyau solitaire. Les afférences motrices coordonnent l'activation des muscles respiratoires et celle de la musculature intrinsèque du larynx. La stimulation de la muqueuse des VAS peut entraîner une réponse cardiovasculaire, une modification du tonus bronchomoteur et une augmentation des sécrétions muqueuses [6].

Le réflexe de fermeture glottique va assurer la protection laryngée [12]. Il s'agit d'un réflexe poly-synaptique apparaissant notamment lors de la déglutition. Chez l'homme, ce réflexe n'a pas de voies croisées, contrairement à ce qui peut s'observer chez l'animal où une stimulation unilatérale peut déclencher une fermeture laryngée. Ceci explique la possibilité de fausses routes chez un patient présentant une paralysie isolée du nerf laryngé supérieur [6].

Chez l'homme, la stimulation bilatérale des nerfs laryngés supérieurs va provoquer une fermeture laryngée à plusieurs niveaux permettant d'assurer trois niveaux de protection. Le premier niveau correspond à la contraction des replis ary-épiglottiques contenant les muscles thyro-aryténoïdiens. Cette contraction permet de fermer le vestibule, l'ouverture antérieure est

comblée par le tubercule de l'épiglotte. Le second niveau de protection laryngée est la contraction des bandes ventriculaires (= plis vestibulaires). Ces bandes ventriculaires sont formées par du tissu graisseux, des glandes muqueuses qui permettent l'humidification et la lubrification des cordes vocales et des faisceaux musculaires des muscles thyro-aryténoïdiens latéraux. La contraction des bandes ventriculaires va entraîner une occlusion du vestibule laryngé à l'étage sus-glottique. La contraction glottique est le mécanisme prédominant au niveau de l'étanchéité de la fermeture laryngée. Une occlusion à l'étage glottique est rendue possible par la contraction des muscles thyro-aryténoïdiens qui vont permettre une adduction des cordes vocales venant fermer la glotte [6].

Ces mécanismes de fermeture laryngée vont apparaître suite à la stimulation des nerfs laryngés supérieurs. La stimulation de récepteurs laryngés et sous-glottiques peut entraîner la fermeture laryngée et le réflexe de toux. Ce réflexe de toux va prévenir l'introduction de corps étranger dans les VAS permettant l'expulsion des corps étrangers par le déclenchement de la toux. Il s'agit d'une voie réflexe principalement étudiée chez l'animal [13] et permettant un mécanisme de protection majeur. La toux peut aussi survenir suite à d'autres stimulations plus diverses comme suite à des affections naso-pharyngées, des stimuli trigéminiaux, voire une stimulation du méat acoustique externe [6].

### **b. Fonction de respiration [6] :**

Au niveau des fosses nasales, l'air inspiré est réchauffé (par la muqueuse nasale), humidifié (par le mucus = 95% d'eau) et purifié (les mouvements tourbillonnaires du courant aérien favorisent le contact avec la muqueuse des fosses nasales). Cette régulation de l'air va se poursuivre au niveau de l'arbre trachéo-bronchique. Cela explique qu'un patient trachéotomisé a des pertes liquidiennes augmentées ( $\approx 500\text{mL}$ ), compte tenu de l'absence d'humidification de l'air inspiré.

La fonction respiratoire du larynx est principalement d'assurer la protection des voies aériennes contre l'écrasement par les tissus cervicaux grâce à la rigidité du cartilage thyroïde et du cartilage cricoïde. Lors de l'inspiration, il va y avoir une activation des muscles abducteurs des cordes vocales, du génioglosse et des muscles dilatateurs du pharynx. L'activation de ces muscles pharyngo-laryngés précède de quelques millisecondes l'activation du diaphragme. Ils vont permettre de rigidifier les VAS avant que la pression négative ne vienne rétrécir le calibre des VAS, permettant ainsi de garder la filière respiratoire ouverte et d'éviter un collapsus. En l'absence de ce tonus ou en cas de déséquilibre entre les mécanismes favorisant ou s'opposant au collapsus (exemple: le syndrome d'apnée du sommeil), on observe

une diminution du diamètre des VAS, voire un collapsus chez ces patients avec une étroitesse oropharyngée augmentant le risque d'apnée obstructive. Lors de l'expiration, il y a une activation des muscles adducteurs qui vont diminuer la surface glottique.

### **c. Fonction de phonation [6] :**

La physiologie de la phonation correspond aux mécanismes qui permettent l'apparition d'une vibration au niveau du bord libre des cordes vocales. La vibration fait suite à un double phénomène. Le premier est l'écartement et le rapprochement du bord libre des cordes vocales ou amplitude vibratoire. Le second est l'ondulation de la muqueuse des cordes vocales.

Lors de l'émission vocale qui se produit sur la phase d'expiration, les cordes vocales vont se rapprocher en position de fermeture, grâce aux cartilages aryénoïdiens. La pression sous-glottique va augmenter sous le plan glottique fermé et les cordes vont finir par s'écarter légèrement laissant passer une petite quantité d'air. Une fois cette petite quantité d'air passée, les bords libres des cordes vocales vont à nouveau se rapprocher du fait de la diminution de la pression sous-glottique, de l'effet Bernoulli (rétro-aspiration de la muqueuse cordale) et grâce à l'élasticité des cordes vocales. Ce phénomène va se reproduire périodiquement. L'énergie aérienne est transformée en énergie acoustique. Cette voix produite par le larynx est modifiée par les cavités de résonance de l'ensemble du tractus aérodigestif.

### **d. Fonction de déglutition [6] :**

Le larynx joue un rôle important dans le temps pharyngé de la déglutition. Ce temps assure la fermeture de la voie respiratoire, permettant le passage du bolus alimentaire de l'isthme du gosier jusqu'au sphincter supérieur de l'œsophage. L'adduction des cordes vocales assure l'étanchéité de la glotte et des bandes ventriculaires qui vont permettre la fermeture du larynx, la projection du larynx vers le haut et l'avant sous la base de la langue ainsi que l'horizontalisation de l'épiglotte. Tous ces mécanismes jouent un rôle de protection de la voie respiratoire en orientant le bolus latéralement vers les sinus piriformes. Ce réflexe de déglutition est couplé à la respiration et survient préférentiellement lors de l'expiration.

## **3. Particularités anatomo-physiologiques chez l'enfant**

La configuration des VAS change avec la croissance. En effet, le nouveau-né se caractérise par une petite bouche, un cou court et une grosse langue. Le maxillaire inférieur est peu développé, le larynx est en position haute et l'épiglotte épaisse et large se situe en regard de la première vertèbre cervicale jusqu'à l'âge de 4 mois. Cette configuration anatomique spécifique explique que certains anesthésistes pédiatres et/ou néonatalogistes utilisent encore une lame

de Miller, et « chargent » l'épiglotte lors de la laryngoscopie directe chez le nouveau-né [14]. En phase inspiratoire, l'épiglotte vient au contact de la face postérieure du voile du palais, ce qui explique que le nouveau-né et le jeune nourrisson ont une respiration nasale préférentielle. À l'âge de six mois, l'épiglotte se retrouve en regard de la troisième vertèbre cervicale et ne chevauche plus le voile du palais, facilitant la respiration buccale. Par ailleurs, la filière pharyngée, contrairement à la filière nasale ou laryngée, ne présente pas de parois rigides. La perméabilité de cette filière repose sur la tonicité des muscles dilatateurs du pharynx. Lors de l'anesthésie, l'association de la pression négative inspiratoire liée à l'activité des muscles diaphragmatique et intercostaux à la dépression du muscle génioglosse et des autres muscles dilatateurs du pharynx est responsable de l'obstruction des VAS. Cette obstruction particulièrement fréquente lors de l'induction inhalatoire, est encore aggravée par la présence de végétations et d'amygdales proéminentes. Cette obstruction pharyngée, même si elle n'est pas cliniquement patente, justifie des manœuvres externes simples et utilisées en routine, qui permettent de lever l'obstruction des VAS chez l'enfant sédaté ou anesthésié : l'élévation du menton, la luxation antérieure de la mandibule et l'introduction précoce d'une canule oropharyngée, qui permettent ainsi de diminuer la pression téléinspiratoire. Cette mise en place d'une canule oropharyngée permet de diminuer l'effort inspiratoire. Sa taille devra être adaptée à l'âge (trop grande, elle stimule l'épiglotte, trop petite elle est inefficace et majore l'obstruction) et insérée une fois l'enfant suffisamment endormi [14].

Jusqu'à l'adolescence, le larynx a la forme d'un cône inversé, où le cartilage cricoïde circulaire est le point le plus bas et le plus étroit, et donc le plus vulnérable face à l'œdème ou aux sténoses post-traumatiques. Le passage à l'âge adulte est associé à une modification de la forme du larynx qui devient cylindrique. Le choix de la taille de la sonde d'intubation est conditionné par le diamètre de ce rétrécissement. Chez le nouveau-né, un œdème de 1 mm provoque une diminution de 75 % de la section laryngée avec une multiplication par 16 des résistances des voies aériennes. Chez l'adolescent et l'adulte, exempts de ce rétrécissement et au calibre laryngé plus grand, un œdème de même importance réduit le calibre de seulement 44 % avec une multiplication par 3 de ces résistances. L'œdème sous-glottique et sa complication redoutable qu'est la sténose laryngée ont longtemps conduit à l'utilisation de sonde d'intubation sans ballonnet. En 2018, l'utilisation systématique de sondes d'intubation équipées de ballonnets à basse pression est recommandée en anesthésie pédiatrique, et ce afin de limiter les fuites autour de la sonde d'intubation et les changements de sonde. En néonatalogie, cette utilisation est encore contestée [14].

La capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) du nouveau-né et du jeune nourrisson est proche du volume de fermeture des petites voies aériennes. Le maintien de cette CRF résulte d'une compliance thoracique élevée (thorax plutôt mou) et d'une compliance intra-pulmonaire faible (expansion difficile). L'activité diaphragmatique tonique post-inspiratoire et la diminution du diamètre laryngé à l'expiration, responsable d'une « auto-PEP », contribuent également à maintenir la CRF. L'inhibition de ces mécanismes, par l'anesthésie pour le premier ou l'intubation trachéale pour le second, conduit ainsi à une diminution dangereuse de la CRF, favorisant la survenue d'atélectasies. La prévention de ces dernières passe par la réalisation de manœuvres de recrutement après l'intubation, pendant la chirurgie et l'utilisation de pression expiratoire positive pendant la ventilation [15,16].

Les résistances des voies aériennes sont plus élevées chez le petit enfant, liées à leurs petits calibres notamment au niveau laryngé. De plus, le rendement énergétique des fibres musculaires du diaphragme et des muscles intercostaux est faible chez le nouveau-né et le nourrisson. Il est par conséquent nécessaire d'assister la ventilation dans cette classe d'âge pour éviter l'épuisement lié à l'augmentation du travail respiratoire. La ventilation alvéolaire est 2 fois plus élevée chez le nourrisson, par rapport à l'adulte, car ses besoins métaboliques sont élevés. L'augmentation de la ventilation alvéolaire se fait essentiellement aux dépens de la fréquence respiratoire, qui est d'autant plus élevée que l'enfant est jeune (tableau I). L'augmentation des besoins métaboliques explique la vitesse de désaturation en oxygène en cas d'apnée ; la ventilation alvéolaire élevée explique la rapidité d'action d'une variation de la fraction inspirée en oxygène apportée par le ventilateur. Enfin, la réduction de l'espace mort (2 mL/kg) lié au matériel de ventilation est une obligation, surtout lors de l'utilisation de la ventilation spontanée [14].

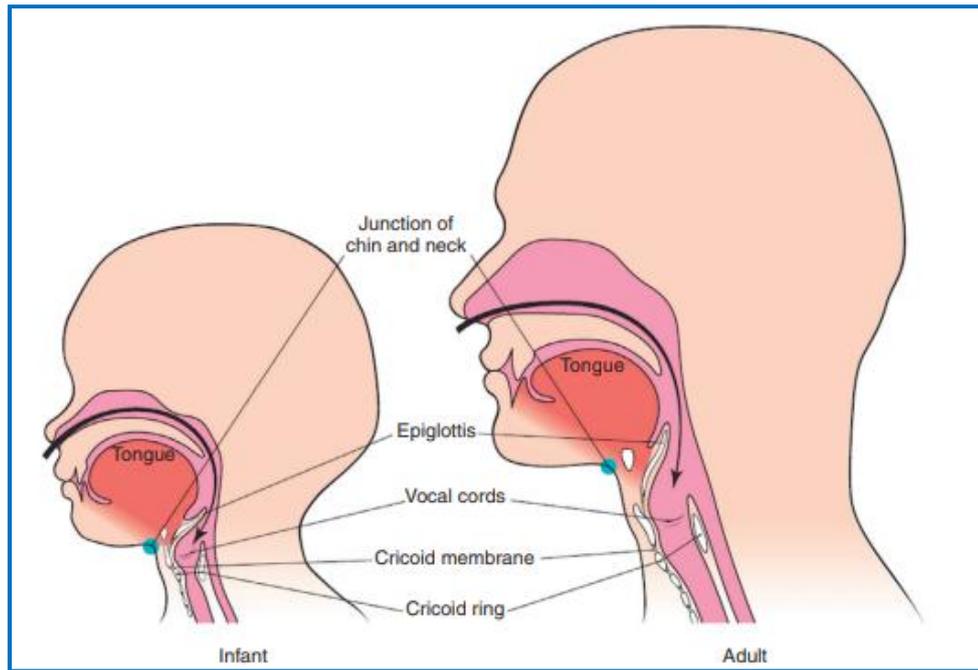


Figure 3 : Différence anatomique de la position du larynx chez le petit enfant par rapport à l'adulte [17].

**Tableau 1** : Valeurs normales des volumes pulmonaires et paramètres de ventilation en fonction de l'âge [14].

Paramètre	1 semaine	1 an	3 ans	5 ans	8 ans	12 ans
Taille (cm)	48	75	96	109	130	150
Poids (kg)	3,3	10	15	18	26	39
CRF (mL/kg)	25	26	37	36	46	48
Capacité vitale (mL)	100	475	910	1100	1855	2830
VE (mL/min)	550	1775	2460	2600	3240	4150
VT (mL)	17	78	112	130	180	260
FR (c/min)	30	24	22	20	18	16
VA (mL/min)	385	1245	1760	1800	2195	2790
VD (mL)	7,5	21	37	49	75	105
R (cmH <sub>2</sub> O/L/s)	29	13	10	8	6	5

VE : ventilation minute ; VA : ventilation alvéolaire ; VT : volume courant ; VD : volume espace mort ; R : résistance totale.

#### 4. Particularités anatomo-physiologiques au cours de la grossesse

Les changements physiologiques et physiques liées à la grossesse, qui affectent l'oxygénation et la morphologie des VAS, contribuent à l'augmentation de l'incidence de l'intubation difficile (ID) et de la ventilation au masque difficile (VMD) chez la parturiente [18].

Pendant la grossesse, les muqueuses des VAS sont plus vascularisées et œdématisées, en raison de la rétention hydrosodée induite par l'hyperœstrogénisme et l'élévation des composantes du système rénine-angiotensine-aldostérone. L'infiltration des muqueuses pharyngo-laryngées réduit le diamètre de la filière laryngée et augmente le risque de saignement au contact et de gonflement. Ces modifications expliquent une aggravation du score de Mallampati non seulement au cours de la grossesse, mais aussi pendant le travail, l'accouchement et jusqu'à 48 heures du post-partum [19, 20]. L'œdème des VAS peut être favorisé par une pré-éclampsie, les perfusions de fluides, d'ocytocine ainsi que par les efforts de poussées. L'augmentation mammaire, qui se produit au cours de la grossesse, peut rendre l'insertion du laryngoscope difficile (d'où l'adaptation avec des laryngoscopes à manche court) [18].

L'imprégnation hormonale par la progestérone diminue le tonus du sphincter inférieur de l'œsophage et favorise le reflux gastro-œsophagien (RGO). Ces éléments concourent à complexifier une intubation déjà difficile en augmentant le risque d'inhalation du liquide gastrique. De plus, la diminution de la CRF et l'augmentation des besoins en oxygène raccourcissent le temps d'apnée sans désaturation et ce d'autant plus que la patiente est obèse. Ces modifications anatomophysiologiques contribuent à rendre l'intubation chez la femme enceinte plus difficile et plus stressante que dans la population non obstétricale. Enfin, le contexte particulier de la césarienne et la nécessité de faire naître rapidement l'enfant, génère une contrainte et un stress supplémentaire pouvant conduire à un manque d'anticipation, de préparation, de communication et de performance d'équipe [18].

### **III. Effets de l'anesthésie sur les voies aériennes supérieures**

À l'état d'éveil, la liberté des VAS est maintenue par le tonus des muscles pharyngés. Cette

activité tonique musculaire s'oppose aux effets de la pression négative engendrée par l'inspiration et la contraction du diaphragme.

Le sommeil et l'anesthésie entraînent une perte de tonus des muscles pharyngés et un déséquilibre entre les forces de dilatation et les forces de collapsus, ce qui va entraîner l'obstruction des VAS. Celle-ci est favorisée par la diminution de l'activité des chémorécepteurs et des mécanorécepteurs [1].

L'obstruction peut être partielle ou complète ; elle est plus importante chez les sujets qui ont un calibre pharyngé déjà diminué ou un pharynx compliant. Durant l'anesthésie, la perte de tonus musculaire des muscles pharyngés est due à l'action spécifique des médicaments qui inhibent l'activité neuronale et musculaire, mais aussi le réflexe protecteur d'éveil comme dans l'apnée du sommeil [1].

### **1. Sites d'obstruction**

Les VAS dans leurs segments nasal et laryngé ont des structures osseuses et cartilagineuses qui maintiennent le calibre aussi bien pendant le sommeil que pendant l'anesthésie ; à l'inverse, le segment pharyngé qui est compressible et déformable n'a pas de structure rigide et peut donc se collaber [21]. La langue et l'ensemble hyolingual (formé par l'os hyoïde et la structure musculaire qui le relie à la base de langue) constituent une masse musculaire et osseuse amarrée à la base du crâne et à la mandibule par des muscles et des ligaments. La diminution du tonus musculaire entraîne un déplacement postérieur de la mandibule et de l'os hyoïde et, par là même, un affaissement du pharynx [1].

#### **a. Vélopharynx :**

C'est le site d'obstruction le plus connu. L'anesthésie induit une perte de tonus du muscle vélopalatin et en conséquence une obstruction du nasopharynx à hauteur du palais mou. Ceci a été montré par plusieurs études incluant la radiologie et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) [1].

#### **b. Épiglote :**

Le déplacement postérieur de l'os hyoïde entraîne un affaissement de l'épiglotte qui obstrue en partie ou en totalité l'entrée du larynx [1].

#### **c. Base de langue :**

On a longtemps pensé que l'obstruction des VAS était due à une chute du massif lingual en

arrière. Une étude échographique permettant de visualiser le massif lingual a montré que sa position était peu modifiée après l'induction de l'anesthésie alors que l'obstruction des voies aériennes était complète. Depuis, d'autres études radiologiques ou par IRM l'ont confirmé [1].

### **d. Amygdales et végétations adénoïdes :**

Les hypertrophies amygdaliennes et des végétations adénoïdes diminuent le calibre des VAS. Cette hypertrophie est présente chez les enfants ayant un syndrome d'apnée obstructive du sommeil (SAOS) et s'accompagne d'un épaississement du palais mou [22]. L'induction de l'anesthésie s'accompagne d'une obstruction précoce des VAS chez ces enfants [22].

## **2. Effets des agents anesthésiques**

### **a. Anesthésiques locaux**

Les anesthésiques locaux font partie des médicaments les plus couramment utilisés ayant des effets sur les voies aériennes. En général, l'effet des anesthésiques locaux sur les voies aériennes est le blocage de la transmission nerveuse afférente pour l'activité réflexe (c'est-à-dire les réflexes de protection des VAS ou la réponse aux stimuli nocifs dans les voies respiratoires inférieures). De plus, les VAS subissent une perte de tonus musculaire et une perte subséquente de perméabilité [23, 24]. A des doses plus élevées, les anesthésiques locaux peuvent irriter directement la muqueuse des voies aériennes, ce qui peut limiter l'utilisation de certains agents en raison de cet effet non-productif [25].

La toxicité attribuée aux anesthésiques locaux est extrêmement rare lorsqu'ils sont administrés pour gérer les VAS. La lidocaïne est l'agent le plus couramment utilisé et le plus étudié. Le niveau de toxicité sérique généralement accepté pour la lidocaïne est de 5 à 6 µg/mL, et la dose maximale couramment citée est de 4,5 mg/kg ; cependant, la plupart des études n'ont pas réussi à démontrer des niveaux sériques proches de la toxicité avec des doses cliniquement pertinentes ou même avec de fortes doses utilisées dans les voies aériennes. L'exception à cette règle semble être le gargarisme, où 6 mg/kg ont pu être associés à un niveau sérique presque toxique [26]. Donc la prudence et une surveillance étroite sont recommandées lorsque de grandes doses de lidocaïne sont nécessaires pour l'anesthésie topique, et généralement l'utilisation de la dose minimale efficace est considérée comme la meilleure pratique à cet égard.

L'administration intraveineuse (IV) de lidocaïne est utilisée depuis longtemps pour réduire la réactivité des VAS et permettre au patient de "tolérer" une sonde endotrachéale et le stimulus qu'elle crée en émoussant les réflexes des VAS et en prévenant la bronchoconstriction. La réalité est un résultat mitigé, et les preuves de cette pratique sont équivoques. Il a en effet été

démonstré que l'administration de lidocaïne par voie IV atténue le réflexe de bronchoconstriction et détend le muscle lisse des voies aériennes [27], mais il existe également des rapports indiquant que la lidocaïne peut provoquer une bronchoconstriction et avoir l'effet inverse de celui attendu [28].

### **b. Anesthésiques halogénés**

Au niveau des VAS, les effets des anesthésiques halogénés sont principalement indirects. La perte de la fonction musculaire coordonnée dans le pharynx entraîne un collapsus potentiel des VAS. Ce collapsus dynamique est le plus souvent observé en ventilation spontanée, car il est en fait amélioré dans des conditions de ventilation en pression positive ; ce phénomène est similaire à celui observé en cas de blocage neuromusculaire. Il existe également un effet différentiel sur la musculature des voies aériennes en réponse à la perte du contrôle central. Par exemple, les muscles innervés par le nerf hypoglosse semblent être plus sensibles que les autres muscles à la perte de tonus [29], ce qui entraîne un déplacement postérieur initial de la langue et du palais mou, créant un collapsus des VAS. Cela indique que le maintien de la perméabilité des VAS nécessite avant tout une bonne coordination musculaire plutôt qu'un simple tonus musculaire.

### **c. Hypnotiques intraveineux**

L'effet des agents hypnotiques intraveineux sur les VAS est très similaire à celui des hypnotiques halogénés. La comparaison est pertinente ; les deux types d'agents produisent leurs effets par perte de stimulation du système d'activation réticulaire aux motoneurons des VAS. Là encore, la perte de coordination de la musculature pharyngée plutôt qu'un dysfonctionnement musculaire spécifique produit un collapsus dynamique des VAS en ventilation spontanée. Dans le cas des agents intraveineux, il existe une résistance différentielle variable aux effets de l'anesthésique ; par conséquent, il semble que le collapsus des VAS puisse résulter davantage du déplacement postérieur du palais mou et de l'épiglotte que de la langue [30].

La kétamine déprime également les voies réflexes neurales comme les autres anesthésiques IV, mais elle n'a pas le même effet différentiel sur la musculature des VAS que de nombreux autres médicaments [31]. Cela pourrait avoir pour effet de préserver la perméabilité des VAS et la coordination musculaire.

### **d. Opioides**

Le tonus et la perméabilité des VAS peuvent être réduits dans une mesure similaire à celle des

agents hypnotiques si une quantité suffisante d'opioïdes est administrée pour induire une somnolence chez un patient. Des preuves contradictoires ont également été présentées, démontrant que le fentanyl et la morphine peuvent en fait augmenter le tonus trachéal [32], mais cela ne semble pas être cliniquement pertinent. Lorsque les opioïdes sont combinés avec des hypnotiques, on observe une réduction plus importante des réflexes des VAS que celle observée avec l'un ou l'autre agent seul [33]. Ceci indique un mécanisme variable qui peut être initié et augmenté par l'utilisation de plusieurs agents ; il s'agit d'un résultat potentiellement significatif sur le plan clinique pour la conduite d'une anesthésie ou pour la simple gestion des VAS chez les patients qui peuvent être sujets à une réactivité des voies aériennes.

Un autre effet des opioïdes est celui de la rigidité musculaire lors de l'administration de doses importantes sur une courte période, en particulier avec les opioïdes de la classe des phénylpipéridines (Fentanyl, Sufentanyl, etc.). Cela peut entraîner des difficultés lors de la ventilation au BAVU, qui sont généralement attribuées à la "rigidité de la paroi thoracique". Des études, menées chez des patients intubés et des patients trachéotomisés, ont toutefois montré que la diminution de la compliance pulmonaire résultant de la rigidité de la paroi thoracique ne suffit pas à expliquer l'incapacité à ventiler au masque après l'administration d'une forte dose d'opioïdes [34], et l'examen des cordes vocales a montré que leur fermeture est la principale cause de difficulté de ventilation après une anesthésie induite par des opioïdes [35]. Un traitement à l'aide de petites doses de curare, de *Naloxone* ou de *lidocaïne* topique (anesthésie laryngo-trachéale) peut être efficace pour détendre les cordes vocales afin de permettre une ventilation au masque et/ou une intubation [35]. La capacité des opioïdes à émousser de manière significative les réflexes des VAS, associée au profil pharmacocinétique des opioïdes à action ultra-rapide tels que le rémifentanyl, permet au praticien de disposer de plus d'options pour gérer les VAS. L'intubation peut être réalisée de manière fiable sans curarisation en utilisant de fortes doses de rémifentanyl ; en raison de la courte durée d'action du rémifentanyl, cette technique atténue de manière adéquate les effets hémodynamiques de la laryngoscopie tout en permettant une récupération rapide [36, 37].

Enfin, les médicaments à courte durée d'action comme le rémifentanyl ont, dans de nombreux cas, remplacé les autres agents sédatifs pour les procédures qui ne nécessitent pas d'anesthésie générale mais un certain niveau de sédation. La prudence est toutefois de mise en raison du risque de collapsus des VAS et d'apnée avec des doses croissantes d'opioïdes [25].

### e. Curares

Les curares sont fréquemment utilisés lors de la gestion des VAS pour empêcher les

mouvements du patient et faciliter l'intubation en supprimant la réponse réflexe motrice à la manipulation des VAS. Ces agents agissent uniquement sur les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine, ce qui signifie qu'ils ne provoquent un blocage neuromusculaire que dans les fibres musculaires squelettiques des VAS, mais pas dans les fibres musculaires lisses des VAI. Le diaphragme et les muscles du larynx sont les plus résistants à leurs effets [38], ce qui signifie qu'il faut un taux sérique de curare plus élevé pour bloquer complètement leur fonction que pour les autres muscles des VAS ou de l'organisme. Ce blocage différentiel est d'une grande importance clinique. Premièrement, lors de l'établissement des conditions d'intubation avec l'utilisation de ces agents, une dose suffisante doit être administrée pour abolir le contrôle moteur du larynx ; la conséquence d'un blocage insuffisant peut être une activation réflexe des muscles laryngés et, éventuellement, un laryngospasme. Deuxièmement, un bloc différentiel peut se manifester au détriment du patient pendant la récupération du bloc neuromusculaire et l'extubation. L'évaluation de la ventilation spontanée avant l'extubation sans confirmation de la récupération complète du bloc neuromusculaire peut être insuffisante pour déterminer la réussite de l'extubation. La raison en est qu'une ventilation spontanée adéquate peut être obtenue avec seulement la récupération du diaphragme, mais lorsqu'une sonde d'intubation est retirée et que la musculature des VAS est faible, il y a une forte probabilité de collapsus des VAS. Le monitoring de la décurarisation dans les muscles les moins résistants, tels que ceux innervés par les nerfs moteurs périphériques, est recommandé pour éviter qu'une telle circonstance ne se produise [25].

Autrefois, les conceptions dogmatiques de la gestion des VAS imposaient d'éviter le blocage neuromusculaire sans confirmation de la capacité à ventiler en pression positive un patient au moyen d'un masque; la crainte d'une situation éventuelle où ni la ventilation au masque ni l'intubation ne seraient possibles était la principale raison de ce principe. En fait, des preuves récentes ont démontré une meilleure capacité à gérer les VAS en présence d'un blocage induit par le rocuronium [39]. On suppose que le mécanisme de ce phénomène est principalement attribuable à la relaxation de la musculature laryngée, empêchant la fermeture des cordes vocales qui interférerait avec la ventilation au masque. Les nouveaux principes de gestion des VAS préconisent l'utilisation précoce du blocage neuromusculaire dans une situation de VAS difficiles afin de faciliter les manœuvres de sauvetage, telles que la ventilation au masque, la mise en place d'un DSG, l'intubation endotrachéale et les techniques chirurgicales [40, 41].

### **3. Prévention et traitement de l'obstruction**

Le décubitus dorsal aggrave l'obstruction des VAS en raison de l'effet de la gravité sur la

langue et l'épiglotte [21]. De même, la flexion de la tête sur le cou et l'ouverture de la bouche favorisent l'obstruction en diminuant la tension des muscles tenseurs du système hyolingual. Le décubitus latéral augmente le diamètre pharyngé chez les patients anesthésiés [1].

### **a. Manœuvres pour libérer les VAS**

Deux manœuvres sont utilisées communément pour améliorer l'écoulement gazeux. La première manœuvre est la mise en extension de la tête qui augmente la traction sur l'os hyoïde et les structures qui y sont attachées [21]. Chez le jeune enfant l'insertion d'un coussin de 5 à 10 cm sous les épaules est conseillée [22]. La seconde manœuvre est l'avancement mandibulaire par translation antérieure de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM). Cette manœuvre augmente l'espace rétro-lingual et rétro-palatin [21, 22]. L'augmentation de l'espace rétro-palatin est une conséquence de la traction exercée par l'intermédiaire des piliers amygdaliens. L'avancement mandibulaire génère une tension des muscles supra-hyoïdiens et une traction sur le génioglosse [22]. Le simple levé du menton avec fermeture de la bouche augmente le diamètre pharyngé en augmentant la tension des muscles pharyngés et de l'ensemble hyolingual [21]. Chez l'enfant, cette manœuvre isolée n'est pas efficace en présence d'une hypertrophie des amygdales et des végétations adénoïdes et peut même aggraver l'obstruction. De même, chez le jeune enfant, l'ouverture de bouche est conseillée pour éviter que la langue ne se colle au palais [22].

### **b. Mise sous pression positive continue des VAS (CPAP)**

L'application d'une CPAP est largement utilisée pour prévenir le collapsus des VAS pendant le sommeil chez les patients atteints d'un SAOS. L'application d'une pression positive pendant la ventilation apnéique prévient le collapsus pharyngé [21, 22]. Ceci a été démontré chez l'obèse, les patients atteints d'un SAOS [21] et chez l'enfant [22]. Chez l'enfant, l'application d'une pression expiratoire positive (PEP) prévient l'asynchronie abdominale induite par l'anesthésie par inhalation [1].

### **c. Canule oropharyngée ou nasopharyngée**

La mise en place d'une canule oropharyngée (COP) ou nasopharyngée (CNP) est une aide pour lever l'obstruction des VAS. Ces canules permettent de passer le site de l'obstruction et servent de conduit au passage du flux gazeux. Elles ne permettent pas à elles seules de lever l'obstruction et doivent être associées aux différentes manœuvres [1].

### **d. Antagonisation des curares**

L'utilisation de la néostigmine ou d'autres anticholinestérasiques pour l'antagonisation des curares non dépolarisants peut potentiellement entraîner une augmentation de la résistance des

voies aériennes inférieures. Cet effet potentiel est contrebalancé par l'administration simultanée d'un anticholinergique. Une antagonisation inadéquate des curares est toutefois plus problématique, les complications pulmonaires constituant la majeure partie de la morbidité et de la mortalité [42]. L'introduction récente du sugammadex pourrait résoudre un bon nombre de problèmes liés à l'antagonisation inadéquate de certains agents non dépolarisants, car l'encapsulation et la suppression de la disponibilité de l'agent curarisant aux sites de liaison sont potentiellement plus efficaces que l'antagonisme compétitif créé par les anticholinestérasiques [25].

### **IV. Avant l'étape de contrôle des VAS**

#### **1. Préparation du patient**

La préparation du patient, avant contrôle des VAS, permet d'anticiper les éventuels problèmes et complications pouvant survenir pendant la procédure et de se placer dans des conditions permettant d'éviter ceux-ci. Cette phase, réalisée en amont, passe par la réalisation de plusieurs actes, notamment dans le cadre d'une gestion « programmée » des VAS pour un acte réglé [43]:

- une consultation d'anesthésie, élément d'ordre médico-légal hors situation d'urgence, à faire réaliser dans un délai de 48 heures précédant l'acte considéré et visant à déceler les facteurs de risques de ventilation au masque et/ou d'intubation difficiles (cf. critères plus bas) ;
- un examen bucco-dentaire au cours de l'examen clinique préalable visant à identifier les risques de bris dentaire (dents luxables ou instables) et à prévoir le retrait d'une prothèse dentaire amovible le cas échéant ;
- la délivrance d'une information claire, loyale et appropriée concernant le déroulement des actes anesthésiques et les risques et complications attendues d'une telle procédure ;
- la préparation du patient et sa préoxygénation (3 minutes minimum), préalables indispensables à l'intubation.

En milieu de réanimation, les experts s'accordent à dire que l'incidence des complications hémodynamiques et respiratoires de l'intubation doit être anticipée par une préparation soigneuse de la procédure. Celle-ci passe par le maintien de l'oxygénation et des objectifs de pression artérielle systémique tout au long du geste. En réanimation et USI, il faut probablement considérer les patients à risque d'intubation compliquée et prévoir en

conséquence le matériel d'ID en amont [44].

Avant l'intubation, le praticien devra s'assurer de la présence des éléments de surveillance nécessaires au dépistage des complications pouvant survenir pendant la procédure (scope, monitoring de la tension artérielle et oxymètre de pouls) ainsi que de la présence d'une voie veineuse (périphérique ou centrale) fonctionnelle [43].

### 2. Monitoring

L'autre élément essentiel en sus du monitoring des constantes vitales (fréquence cardiaque, tension artérielle, fréquence respiratoire, SpO<sub>2</sub> et température en °C) lors de la gestion des VAS est représenté par le contrôle de la capnie ou concentration en CO<sub>2</sub> mesurée dans un mélange gazeux considéré (capnomètre ou capnographe). Il permet de s'assurer de la bonne position du dispositif ou de l'abord trachéal direct. Il existe plusieurs types de capnographe dans le commerce avec analyse par mécanisme aspiratif (prélèvement d'un échantillon gazeux sur la ligne expiratoire) ou par absorption infrarouge. Ces derniers sont les plus répandus et existent sous forme de module intégré au scope avec cellule d'analyse branchée au respirateur (figure 4A) ou de module portable avec écran intégré (figure 4B) [43].



Figure 4. Deux types de capnographe à analyse de spectre par absorption infrarouge avec (A) une cellule d'analyse de capnographe à adapter au respirateur et (B) un capnographe portable avec analyse de mélange gazeux et écran de lecture intégrés [43].

### 3. Prévention de l'inhalation

#### 3.1. Incidence

En 1946, Mendelson a été le premier à décrire une pneumonie due à l'inhalation pulmonaire

de sécrétions gastriques chez des femmes enceintes subissant une anesthésie [45]. Cette complication potentiellement mortelle, parfois appelée syndrome de Mendelson, a depuis fait l'objet d'importants efforts de prévention au sein de la communauté anesthésique. L'incidence statistique de l'inhalation pulmonaire du contenu gastrique en périopératoire a été examinée dans des études de cohorte à long terme. Elle variait entre 1.4 et 4.7 pour 10 000 anesthésies [25]. Plusieurs auteurs ont observé que seulement 50 % ou moins des épisodes d'inhalation pulmonaire périopératoire se produisent pendant l'induction anesthésique et l'intubation, peut-être parce que les craintes sont moins importantes à d'autres moments [46-48]. Ces événements potentiellement catastrophiques se produisent également avant l'induction, pendant l'entretien de l'anesthésie, et pendant ou après le réveil et l'extubation [25].

Un plan de prise en charge anesthésique sûr visant à réduire l'incidence de l'inhalation pulmonaire du contenu gastrique implique l'identification des personnes à risque, le respect des guidelines de pratique relatives au jeûne préopératoire, la mise en œuvre de traitements pharmacologiques prophylactiques et l'application de techniques de prise en charge des VAS appropriées susceptibles de réduire le risque d'inhalation pulmonaire [25].

### **3.2. Facteurs de risque**

**a. Démographiques :** Des études publiées ont associé certaines caractéristiques ou circonstances des patients à une incidence accrue d'inhalation tel que le contexte urgent de chirurgie (versus chirurgie élective), la classe ASA et l'occlusion gastro-intestinale, les âges extrêmes et les difficultés de gestion des VAS [25].

**b. La pression barrière :** c'est la différence entre la pression du sphincter inférieur de l'œsophage (SIO) et la pression gastrique. Les patients susceptibles de présenter un contenu gastrique de volume ou d'acidité accrus, une pression intragastrique élevée ou une diminution du tonus du SIO sont considérés comme présentant un risque accru d'inhalation pulmonaire périopératoire par baisse de la pression barrière. Les agents anesthésiques, l'application d'une pression cricoïde (PC) et la laryngoscopie pendant l'anesthésie diminuent également le tonus du SIO [49].

**c. L'obésité :** les études ont rapporté que les patients obèses et maigres ne diffèrent pas en termes de tonus du SIO, d'acidité gastrique ou de vitesse de vidange gastrique au cours des 3 heures suivant un repas test [50]. D'autre part, les difficultés de gestion des VAS chez les obèses, ainsi que l'association entre ces difficultés et l'inhalation, semblent augmenter le risque d'inhalation chez les patients obèses, indépendamment de leur motilité gastro-intestinale [25].

**d. Les maladies systémiques :** Les patients atteints d'une maladie du tissu conjonctif,

neurologique, métabolique ou neuromusculaire peuvent être exposés à un risque de dysfonctionnement œsophagien ou d'incompétence laryngée. Le retard de la vidange gastrique chez les patients diabétiques est corrélé à la présence d'une neuropathie autonome, mais pas périphérique [25].

**e. La grossesse :** L'augmentation de la taille de l'utérus accroît la pression intragastrique en comprimant l'estomac, retarde physiquement la vidange gastrique en poussant le pylore vers l'avant et l'arrière, et favorise le RGO en modifiant l'angle de la jonction gastro-œsophagienne. La progestérone diminue le tonus du SIO et l'excès de gastrine produit par le placenta favorise la sécrétion d'acide gastrique [51].

**f. Douleur et analgésiques :** La douleur et son traitement sont considérés comme des facteurs de risque d'inhalation, notamment chez les patients traumatisés. Crighton et ses collègues ont constaté que les catécholamines circulantes, libérées en réponse à des stimuli douloureux, ont un effet inhibiteur sur la vidange gastrique [52] et une sécrétion gastro-intestinale accrue malgré le jeûne préopératoire. L'administration d'opioïdes peut encore altérer la fonction gastro-intestinale. Les études humaines et animales suggèrent qu'il existe des mécanismes centraux et périphériques par lesquels ces médicaments retardent la vidange gastrique. Les opioïdes neuraxiaux peuvent également prolonger la vidange gastrique [25].

### **3.3. Prévention**

La prévention de l'inhalation du contenu gastrique est principalement assurée par le respect des guidelines établies en matière de jeûne préopératoire, la prémédication avec des médicaments qui peuvent diminuer le risque de pneumonie d'inhalation et les techniques d'induction spécialisées.

#### **a. Jeûne préopératoire**

Traditionnellement, les patients devant subir une intervention nécessitant une sédation, une anesthésie régionale ou générale devaient rester à jeun (rien par la bouche ou nulla per os [NPO] en latin) après minuit pour avoir l'estomac vide et réduire le risque de régurgitation. En se fondant sur les preuves que l'ingestion de liquides clairs 2 à 4 heures avant une intervention chirurgicale entraînait une diminution du volume gastrique et une augmentation du pH gastrique, l'ASA a publié en 1999 les guidelines de pratique pour le jeûne préopératoire et l'utilisation d'agents pharmacologiques pour réduire le risque d'inhalation pulmonaire. Ces guidelines, dont la dernière mise à jour date de 2017, recommandent un jeûne de 4 heures pour le lait maternel et de 6 heures pour les aliments solides, les préparations pour nourrissons et le lait non humain [53]. Les aliments gras peuvent nécessiter un jeûne plus long (par

exemple, 8 heures ou plus) [53]. Bien que les guidelines de l'ASA ne traitent pas spécifiquement de la gomme à mâcher, des bonbons durs ou du tabagisme, les guidelines publiées par la Société européenne d'anesthésiologie sur le sujet ne recommandent pas de retarder le début de l'anesthésie si un patient a consommé l'un de ces produits immédiatement avant l'induction de l'anesthésie [54].

### **b. Rôle de l'échographie préopératoire**

L'échographie gastrique, en évaluant le contenu gastrique juste avant l'induction de l'anesthésie, permet d'adapter la technique d'induction. L'évaluation est réalisée en décubitus dorsal (DD) et en décubitus latéral droit (DLD). Elle peut être quantitative (mesure de la surface antrale) ou semi-qualitative (grade 0 : l'antré est vide en DD et en DLD ; grade 1 : l'antré paraît vide en DD, mais du liquide est visualisé en DLD ; grade 2 : l'antré n'est vide dans aucune des deux positions). La mesure de la surface antrale évalue indirectement le volume du contenu gastrique ; plus la surface antrale (en mm<sup>2</sup>) est grande, plus le volume gastrique est important. Chez l'adulte, la valeur discriminante est 340 mm<sup>2</sup>, au-delà de laquelle l'estomac est considéré comme « non vide » (figure 5). Chez la femme enceinte au troisième trimestre de grossesse, une surface antrale supérieure ou égale à 505 mm<sup>2</sup> (mesurée en DLD) est le plus souvent associée à un volume gastrique supérieur à 1,5 ml kg<sup>-1</sup> [55]. L'échographie antrale permet aussi d'identifier la nature des éléments contenus dans l'estomac, différenciant les liquides clairs, le lait (chez l'enfant) et les solides [56].

### **c. Vidange gastrique pré-induction**

Lorsqu'un patient présentant un risque accru d'inhalation se présente pour une intervention chirurgicale, l'estomac peut être vidé, du moins en partie, par une sonde orogastrique ou nasogastrique. Il existe des controverses quant à savoir si une sonde gastrique doit être insérée puis retirée avant l'induction de l'anesthésie ou laissée in situ pendant une induction en séquence rapide (ISR). De toute façon, l'insertion préopératoire d'une sonde nasogastrique et la décompression de l'estomac ne sont recommandées que chez les patients dont l'estomac est distendu (par exemple, en cas d'occlusion intestinale). Les sondes nasogastriques déjà en place doivent être aspirées avant l'induction de l'anesthésie ; les preuves sont insuffisantes pour formuler une recommandation quant à savoir si la sonde nasogastrique doit être retirée après l'aspiration ou laissée en place [25].



Figure 5. Estomac. La surface antrale est de 11,7 cm<sup>2</sup> et des débris alimentaires (pointes de flèche jaunes) sont identifiés : il s'agit d'un estomac plein [55].

#### d. Technique anesthésique

Si l'induction anesthésique doit précéder l'intubation trachéale, la manœuvre de protection standard depuis cinq décennies est l'ISR avec manœuvre de Sellick (pression cricoïde). La technique d'ISR visant à protéger les voies aériennes contre l'inhalation pulmonaire du contenu gastrique a évolué depuis l'introduction de la succinylcholine en 1951 et la première description de la pression cricoïde par Sellick en 1961 [57]. L'objectif principal de l'ISR est de minimiser l'intervalle de temps entre la perte de conscience et l'intubation trachéale.

#### e. Prophylaxie pharmacologique

L'utilisation systématique de médicaments comme prophylaxie contre la pneumonie d'inhalation n'est pas recommandée par les guidelines de l'ASA [53] mais peut être bénéfique chez les patients présentant des facteurs de risque spécifiques d'inhalation, tels qu'un estomac plein, un RGO symptomatique, une hernie hiatale, la présence d'une sonde nasogastrique, une obésité morbide, une gastroparésie diabétique ou une grossesse [58, 59]. L'objectif de cette prophylaxie est double : diminuer le volume gastrique et augmenter le pH du liquide gastrique.

Les agents couramment utilisés comprennent [25]:

- Les antiacides non particuliers augmentant rapidement le pH du liquide gastrique chez la plupart des patients, avec une durée d'action irrégulière.
- Les antagonistes H<sub>2</sub> réduisant l'acidité du liquide gastrique de manière plus fiable que le volume du liquide gastrique.

- les IPP inhibant la sécrétion d'acide gastrique d'une manière presque complète, sans effets secondaires perceptibles.
- Le métoclopramide réduisant le volume du liquide gastrique chez la plupart des patients sans affecter de façon constante le pH du liquide gastrique.
- l'érythromycine, antibiotique macrolide efficace comme médicament prokinétique améliorant la vidange gastrique surtout des aliments solides.

#### **4. PRÉOXYGÉNATION**

Lors de l'induction de l'anesthésie, une hypoxémie peut rapidement se développer en raison d'une hypoventilation ou d'une apnée combinée à une diminution de la CRF attribuable à la position couchée, à la paralysie musculaire et aux effets directs des agents anesthésiques [60]. La préoxygénation (PO) en anesthésie consiste en l'administration d'oxygène à 100 % en volume avant l'induction, afin d'augmenter les réserves en oxygène, en particulier la CRF, et de retarder ainsi la survenue d'une hypoxémie lors de la phase d'apnée et des manœuvres d'intubation. L'augmentation des réserves d'oxygène du patient est obtenue au prix d'une dénitrogénéation puisque l'azote issu de l'air ambiant est remplacé par de l'oxygène issu d'une respiration en oxygène pur. Ceci fait utiliser à tort par certains le terme de dénitrogénéation à la place de celui de PO, car la dénitrogénéation n'est pas stricto sensu équivalente à la PO, ne serait-ce qu'en termes de tolérance à l'apnée [61].

Une PO avant l'induction de l'AG permet chez l'adulte de maintenir en toute sécurité une apnée de trois à six minutes avant que n'apparaisse une désaturation artérielle [62, 63]. À l'inverse, en air ambiant, la pression partielle en oxygène (PaO<sub>2</sub>) de patients sains atteint 74 mmHg dès la 30<sup>e</sup> seconde d'apnée, et 60 mmHg à 60 secondes.

Si son usage reste controversé chez le sujet sain en raison d'une fréquence plus élevée d'atélectasies pulmonaires, la PO doit être une pratique de routine réalisée systématiquement dans toutes les situations à risque d'hypoxie durant l'induction anesthésique [61] :

- Intubation ou ventilation difficile prévue ;
- Induction à séquence rapide contre-indiquant la ventilation au masque du fait d'un estomac plein et du risque d'inhalation ;
- Patients à CRF diminuée (femme en fin de grossesse, obèse, ascite);
- Situations où la diminution de la SaO<sub>2</sub> est préjudiciable (souffrance fœtale, coronaropathie, hypertension intracrânienne, anémie).

Comme des difficultés dans la gestion des VAS peuvent survenir de manière inattendue, une PO systématique avant l'induction de l'AG est recommandée [61].

#### 4.1. Principes de la préoxygénation

Chez un adulte de poids normal, la consommation d'oxygène au repos est d'environ 3 ml kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> ou 200 à 250 ml min<sup>-1</sup>. Pendant l'apnée, les réserves d'oxygène mobilisables situées principalement dans les poumons et le sang s'épuisent rapidement. Un individu inspirant l'air ambiant dispose d'une réserve d'oxygène de 1,0 à 1,5 l, dont la plus grande partie est liée à l'hémoglobine dans les érythrocytes. Si l'on réalise une PO, la plus grande partie de l'oxygène supplémentaire est stockée dans la CRF. Ceci crée une réserve d'oxygène qui peut être utilisée avant d'épuiser l'oxygène lié à l'hémoglobine, augmentant ainsi la durée d'apnée avant désaturation ( $SaO_2 \leq 90$ ). En fin d'expiration, lorsque le volume pulmonaire est égal à la CRF, la fraction alvéolaire d'oxygène (FAO<sub>2</sub>) est d'environ 16 % chez les patients inspirant de l'air et de 95 % chez des patients inspirant de l'oxygène, le CO<sub>2</sub> occupant les 5 % restants. L'inspiration d'oxygène à 100 % n'augmente que légèrement le contenu d'oxygène dans le sang parce que l'hémoglobine est pratiquement saturée à 100 % lorsqu'on inspire de l'air, et l'oxygène ne se dissout pas bien dans le plasma [61].

Le délai pour obtenir une dénitrogénéation totale et remplacer le volume d'azote alvéolaire par un volume équivalent d'oxygène (FAO<sub>2</sub> de 95 %) a été établi à sept minutes en moyenne. Cependant, cette dénitrogénéation suit une courbe logarithmique, et au-delà de la troisième minute l'effet sur l'azote et l'oxygène est très faible. Cela a conduit à recommander un temps de PO de trois minutes. Plus récemment, il a été avancé que ce temps de PO pouvait être réduit sans être délétère pour le patient. Il a été montré que plusieurs capacités vitales ou une minute de ventilation normale en oxygène pur étaient suffisantes pour maintenir une SpO<sub>2</sub>, durant l'induction, supérieure à 93 % [61]. Au total, une minute de ventilation en oxygène pur permet de tolérer une apnée supérieure à 3 minutes chez la plupart des patients, trois minutes en oxygène pur doublent ce temps même si ces deux minutes supplémentaires ne modifient que très peu la valeur de la concentration de fin d'expiration en oxygène ou la SaO<sub>2</sub> [61].

La PO tend à augmenter le shunt et la survenue de micro-atélectasies. Mais en pratique, une FiO<sub>2</sub> élevée n'est pas le seul mécanisme responsable de la formation d'atélectasie puisque ce phénomène est aussi observé quand une FiO<sub>2</sub> à 40 % est utilisée. Il n'est par ailleurs pas retrouvé de relation significative entre la FiO<sub>2</sub> utilisée (60, 80 et 100 %) et la surface d'atélectasie. Chez les patients obèses et les femmes enceintes, le shunt peut être supérieur à 20 %, et l'utilisation d'une stratégie de prévention des microatélectasies par des manœuvres de recrutement alvéolaire et l'utilisation de PEP limite leur taille chez la personne âgée et le patient obèse [64].

## **4.2. Monitoring de la préoxygénation**

L'oxymétrie de pouls ne permet pas d'évaluer la PO car la SpO<sub>2</sub> n'est pas un reflet de la réserve en oxygène : au-delà de 160 mmHg de PaO<sub>2</sub>, la SpO<sub>2</sub> affiche une valeur de 100 %, ce qui est obtenu en 15 secondes environ, mais cela correspond à une augmentation très faible des réserves en oxygène de l'organisme. En revanche, la SpO<sub>2</sub> est le monitoring le plus adapté à la période d'apnée. La vitesse de désaturation est un bon critère de tolérance à l'apnée et de qualité de la PO [61].

Plus intéressantes sont les fractions expirées, d'azote et/ou d'oxygène, qui permettent l'accès, non pas à toutes les réserves d'oxygène, mais à sa composante essentielle qui est la CRF. À ce titre, la fraction de fin d'expiration de l'oxygène (FEO<sub>2</sub>) est un bon reflet de l'oxygène alvéolaire [65]. Par ailleurs, le contenu en azote et en oxygène de la CRF évolue de façon parallèle à l'ensemble des réserves de l'organisme. Si l'on considère que la fraction alvéolaire en CO<sub>2</sub> est de 5 % et si la P<sub>H<sub>2</sub>O</sub> alvéolaire est négligée, une FEO<sub>2</sub> de 95 % correspond à une oxygénation alvéolaire totale. Une FEO<sub>2</sub> de 90 % indique une oxygénation alvéolaire à 95 %. Dans toutes les situations où la CRF est diminuée (obésité, grossesse), le temps d'obtention d'une FEO<sub>2</sub> supérieure à 90 % est plus rapide. Cela ne doit pas conduire pour autant à interrompre prématurément la PO. Une PO prolongée permet d'augmenter la durée de l'apnée sans désaturation via l'oxygène dissous et les stocks tissulaires en oxygène, même si les effets de l'oxygène stocké sur la durée d'apnée avant désaturation sont difficiles à déterminer précisément [61].

## **4.3. Réalisation de la préoxygénation**

Le temps de PO nécessaire est imprévisible. Ce qui est important, c'est d'adopter une technique rigoureuse, en particulier chez les patients à risques [63]. Pour cela :

- le ballon réservoir doit être prérempli avec de l'oxygène et si l'on utilise le circuit machine celui-ci doit être dénitrogéné avant de commencer la PO ;
- une étanchéité parfaite lors de l'application du masque est primordiale. Les fuites modifient la composition du gaz inspiré, ce qui peut ralentir sensiblement l'oxygénation alvéolaire quelle que soit la technique utilisée [66] ;
- le débit de gaz frais doit être suffisant pour éviter la réinhalation (10 à 12 l min<sup>-1</sup>) [63]. Un circuit de ventilation pourvu de valves inspiratoires et expiratoires permet de réduire la réinhalation de CO<sub>2</sub>, et ainsi d'accélérer l'oxygénation de façon significative. Une fois ces conditions réunies, la PO peut se faire suivant plusieurs techniques.

### a. Préoxygénation en ventilation spontanée ou volume courant

Il s'agit de faire respirer au patient de l'oxygène pur pendant trois minutes à volume courant (VT) et fréquence respiratoire normaux. Cette technique est recommandée pour la chirurgie réglée. Chez les patients avec une fonction pulmonaire normale, ceci permet une dénitrogénéation avec une FAO<sub>2</sub> proche de 95 %. La dénitrogénéation est efficace dès la première minute de la PO si la technique utilisée est rigoureuse ; si des fuites existent, cet effet est annulé en raison d'une baisse rapide de la FiO<sub>2</sub> reçue par le patient. La respiration en oxygène pur pendant plus d'une minute semble avoir peu d'avantages en termes de SaO<sub>2</sub> ou de dénitrogénéation alvéolaire, mais influe positivement la durée de l'apnée avant désaturation artérielle. Ce temps d'apnée peut être augmenté par deux minutes supplémentaires, ou l'application d'une pression positive pendant la PO, ou la ventilation au masque après l'induction [61].

### b. Préoxygénation en capacité vitale

Gold et al. ont proposé la technique des quatre capacités vitales (4 CV) en suggérant que cette technique était aussi efficace que trois minutes de PO à VT normal. Elle consiste à faire effectuer, en l'espace de 30 secondes, quatre inspirations profondes correspondant à la CV. Une expiration forcée avant de commencer la manœuvre des CV permet d'optimiser l'élévation de la FEO<sub>2</sub>. De même, l'augmentation du débit d'oxygène permet d'améliorer la PaO<sub>2</sub> délivrée au masque (5 l min<sup>-1</sup> : 256 mmHg ; 10 l min<sup>-1</sup> : 286 mmHg ; 20 l min<sup>-1</sup> : 316 mmHg). En fait, il semble que chez des patients ASA1 la technique des 4 CV soit responsable d'une désaturation plus rapide (SaO<sub>2</sub> = 97 % à 5,6 min et SaO<sub>2</sub> = 90 % à 6,8 min) comparé au groupe recevant de l'oxygène durant trois minutes (SaO<sub>2</sub> = 97 % à 7,9 min et SaO<sub>2</sub> = 90 % à 8,9 min). C'est pourquoi elle n'est indiquée qu'en situation d'extrême urgence, lorsqu'on ne peut attendre trois minutes (césarienne pour souffrance fœtale aiguë par exemple). Si cette technique présente l'avantage d'être moins pénible car la durée d'application étanche du masque est plus courte, elle n'est pas réalisable chez tous les patients (douleur abdominale ou thoracique) [61].

La technique des 8 CV en une minute avec un débit d'oxygène de 10 l min<sup>-1</sup> a aussi été évaluée. Elle semble aussi efficace sur la PaO<sub>2</sub> que la ventilation en VT durant trois minutes. Il pourrait s'agir d'une alternative pour l'oxygénation des patients en situation d'urgence (oxygène capté par l'organisme durant la préoxygénation : 4 CV = 1,67 l ; VT durant trois minutes = 2,23 l ; 8 CV = 2,53 l) [67].

#### **4.4. Conduite de la préoxygénation selon le terrain**

Dans les situations et les terrains à risque de désaturation artérielle rapide, la PO doit être systématique. Il s'agit essentiellement des personnes âgées, des patients obèses, des femmes en fin de grossesse et des situations à risque d'intubation difficile [61].

##### **a. Personnes âgées**

Il existe, au-delà de 65 ans, une rigidité de la cage thoracique avec une diminution de la compliance thoracique, de la capacité pulmonaire totale avec élévation du seuil de fermeture des voies aériennes entraînant un collapsus des bronches de petit calibre et des anomalies de distribution du rapport ventilation sur perfusion. Ces modifications expliquent les désaturations plus rapidement observées en l'absence de PO. Il n'y a pas d'étude précisant le temps nécessaire pour obtenir une oxygénation optimale chez les personnes âgées. En revanche, le délai moyen d'apnée pour obtenir une SaO<sub>2</sub> à 90 % est d'environ 200 secondes après 4 CV contre 350 secondes après trois minutes en VT [62]. Ces deux valeurs sont nettement inférieures à celles retrouvées chez les sujets plus jeunes. Au total, chez la personne âgée, la PO est indispensable et réalisée au mieux par trois minutes de ventilation spontanée. Dans la pratique, la coopération du patient est parfois plus aléatoire, les fuites plus fréquentes en raison de la perte du tonus de la mâchoire et des joues, et de l'absence de dents. Le shunt peut être plus élevé que chez les patients jeunes en raison d'une perte du parenchyme pulmonaire (âge ou conséquence du tabagisme) [63].

##### **b. Obèse**

L'induction de l'AG chez le patient obèse est une période critique du fait de l'augmentation de la fréquence des difficultés de ventilation au masque ou d'intubation trachéale. La coexistence de ces deux difficultés se traduit au maximum par une situation de ventilation au masque et d'intubation impossibles. Le patient obèse peut être ainsi exposé à une apnée prolongée qui peut aboutir à un épuisement des réserves en oxygène aux conséquences rapidement dramatiques. Les obèses morbides (IMC supérieur à 40 kg m<sup>-2</sup>) présentent le risque le plus élevé. Cette diminution de réserve en oxygène s'explique essentiellement par la diminution de la CRF qui est secondaire au refoulement du diaphragme vers le haut par la graisse abdominale et aggravée par la mise en décubitus dorsal. La constitution d'atélectasies dès l'induction de l'AG, à l'origine d'un effet shunt (entre 10 et 20 %), participe à la réduction de cette réserve. Enfin, l'augmentation de la VO<sub>2</sub> du patient obèse va contribuer à accélérer l'épuisement de la réserve lors d'une apnée. Si certaines adaptations des pratiques anesthésiques ont été suggérées pour faciliter l'accès aux VAS chez ces patients (intubation

en décubitus latéral, surélévation maximale de la tête au moyen de coussins dans le but de faciliter la réalisation de la laryngoscopie, utilisation transitoire d'un masque laryngé) [60, 68-69], les difficultés potentielles de ventilation au masque ou d'intubation rendent indispensable de préoxygéner le patient avant l'induction, afin de constituer une réserve en oxygène permettant de retarder la survenue d'une hypoxie.

Après une PO en VT et l'induction de l'AG, une hypoxémie apparaît en  $196 \pm 80$  secondes (moyenne  $\pm$  DS) chez les patients d'IMC supérieur à  $35 \text{ kg m}^{-2}$ , contre  $595 \pm 142$  secondes chez les adultes sains de poids normal, et certains patients obèses deviennent hypoxémiques en 55 secondes [62]. Le délai de désaturation en apnée est donc fortement raccourci chez l'obèse, et ce délai est d'autant plus court que l'obésité est prononcée [62]. La PO au moyen de 4 CV en 30 secondes permet d'obtenir des PaO<sub>2</sub> comparables, lors de l'induction et après l'intubation, à celles obtenues après une PO de trois minutes en VT. Lorsque la PO est réalisée avec 8 CV en une minute, la durée de l'apnée avant désaturation est comparable à celle d'une respiration en VT durant trois minutes (respectivement  $173 \pm 23$  et  $181 \pm 35$  secondes) [70]. Ce délai reste cependant inférieur à ce qui est retrouvé chez les adultes non obèses.

D'autres alternatives ont été évaluées pour optimiser la PO. Si chez les patients de poids normal, le maintien d'une PEP lors de la PO en ventilation spontanée augmente la durée d'apnée avant apparition d'une hypoxémie ( $599 \pm 135$  versus  $470 \pm 150$  secondes), chez les patients obèses morbides les effets bénéfiques de la PEP sont discordants. Une PO en VT avec adjonction d'une PEP retarde la survenue d'une hypoxémie de 37 secondes en moyenne par rapport à une PO réalisée sans PEP (240 versus 203 secondes). Une PO de cinq minutes avec maintien d'une PEP, suivie, après induction, de cinq minutes de ventilation contrôlée avec PEP, limite la taille des atelectasies identifiées par scanner thoracique et permet d'obtenir une PaO<sub>2</sub> plus élevée et une tolérance à l'apnée plus longue ( $188 \pm 46$  versus  $127 \pm 43$  secondes) qu'une stratégie identique mais n'utilisant pas de PEP [61]. Delay et al. ont montré que la ventilation non invasive (VNI) via un masque facial avec une AI (8 cmH<sub>2</sub>O) et une PEP (6 cmH<sub>2</sub>O) pendant cinq minutes améliorait la préoxygénation. Ils ont montré que 95 % des patients pouvaient atteindre l'objectif d'une FEO<sub>2</sub> de 90 % par rapport à 50 % dans le groupe avec oxygène en ventilation spontanée. La PaO<sub>2</sub> en fin de la période de préoxygénation et à cinq minutes après l'intubation n'était pas significativement différente entre les groupes. En revanche, l'association VNI et manœuvres de recrutement immédiatement après l'intubation trachéale permet à la fois de maintenir le volume

pulmonaire post-induction de l'AG et une PaO<sub>2</sub> élevée (PaO<sub>2</sub> 5 minutes après l'intubation pour respectivement une PO en 100 % d'oxygène durant 5 minutes soit en VT ou par VNI ou VNI et manœuvres de recrutement:  $93 \pm 25$  versus  $128 \pm 54$  mmHg versus  $234 \pm 75$  mmHg) [71].

Chez l'obèse, la mise en position proclive permet de doubler le volume de la CRF et d'améliorer significativement la PaO<sub>2</sub> ( $130 \pm 31$  versus  $181 \pm 28$  mmHg). Chez l'obèse morbide, la PaO<sub>2</sub> et la durée de tolérance sont significativement améliorées après une PO réalisée en position proclive assise ou à 25°, ou en position transat (*beach chair position*) [61]. Par ailleurs, la position proclive diminue la pression critique de fermeture du pharynx [72], ce qui devrait faciliter la ventilation au masque. Au total, la position proclive ou transat associée à une PO en VNI avec PEP permet d'améliorer l'oxygénation chez les patients obèses.

### c. Enfant

Chez les enfants en apnée, une désaturation survient d'autant plus vite qu'ils sont jeunes, du fait d'une CRF réduite et d'une VO<sub>2</sub> élevée [73]. L'efficacité de la PO de l'enfant conscient dépend de son degré de coopération [61]. Celle-ci est souvent obtenue en le familiarisant avec le dispositif. Un enfant qui pleure peut-être oxygéné efficacement, sans appliquer le masque fortement, en administrant un débit d'oxygène élevé. Une PO de moins de 100 secondes est généralement suffisante [73]. Cependant, avec cette durée, elle n'atteint pas sa pleine efficacité chez environ 10 % d'entre eux. C'est pourquoi une PO de trois minutes semble indiquée. Après la PO, la désaturation survient en moins de 100 secondes [73], d'où la nécessité d'une réoxygénation rapide, une fois la sonde d'intubation en place.

### d. Sujet insuffisant respiratoire ou porteur d'une bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO)

Chez le sujet sain, la réserve pulmonaire d'oxygène augmente très rapidement lors de la PO, pour atteindre une valeur maximale élevée et diminuer ensuite rapidement. Chez l'insuffisant respiratoire, elle augmente souvent plus lentement, atteint un niveau moins élevé, mais s'abaisse aussi plus lentement, dans la mesure où la diffusion alvéolocapillaire est moins rapide. Chez les emphysémateux sévères, une FEO<sub>2</sub> à 90 % n'est toujours pas obtenue malgré dix minutes de PO. La PaCO<sub>2</sub> augmente lors de la PO avec la technique en VT et baisse lors de la préoxygénation en CV. Cette dernière déclenche fréquemment la toux en cas de bronchorrhée associée. La mesure et le suivi de la FEO<sub>2</sub> sont particulièrement utiles lors de la PO chez les patients atteints de BPCO [61].

### **e. Sujet insuffisant cardiaque**

En l'absence d'atteinte pulmonaire, l'administration d'oxygène par masque facial pendant 15 minutes à des insuffisants cardiaques donne lieu à une PaO<sub>2</sub> moyenne moins élevée que chez les sujets sains. À l'arrêt de l'apport d'oxygène, la PaO<sub>2</sub> retourne à sa valeur de départ en cinq minutes [61].

### **f. Sujet anxieux ou malade mental**

Chez les anxieux et les malades mentaux, la PO peut être difficile. Une acceptation du masque est parfois obtenue par des explications et en laissant les patients le tenir eux-mêmes, ou en le remplaçant par un raccord coudé qu'ils prennent dans leur bouche, tout en se pinçant le nez avec l'autre main. Le patient refusant tout dispositif de PO peut être invité à faire quatre mouvements respiratoires dans la CV à l'air ambiant, qui ralentissent aussi l'installation de la désaturation [61].

### **g. Parturiente**

La grossesse est à l'origine d'une augmentation de la ventilation par minute (stimulation centrale par la progestérone) qui est supérieure à l'augmentation de la consommation d'oxygène. Il existe par ailleurs une diminution du volume expiratoire de réserve, du volume résiduel et de la CRF (de 10 à 25 %) en rapport avec le refoulement du diaphragme par l'utérus gravide. Ces différentes raisons ont pour conséquence une diminution du temps de dénitrogénéation dès la 28<sup>e</sup> SA), mais aussi un raccourcissement du temps d'apnée ( $104 \pm 30$  secondes entre 13 et 26 SA versus  $80 \pm 20$  secondes entre 26 et 41 SA) (in [63]).

Si la référence reste la technique de VT en oxygène pur durant trois minutes, la technique des 4 ou 8 CV trouve ici toute sa justification, étant donnée la fréquence des urgences extrêmes qui limitent la durée de PO. Le délai pour obtenir une FEO<sub>2</sub> supérieure à 90 % est plus court avec la technique des 8 CV par rapport à celle des 4 CV lors d'une césarienne en urgence. La technique des CV ne semble pas avoir d'effets délétères sur le fœtus, en particulier en termes d'oxygénation [74].

D'autres techniques ont été évaluées. Il a été proposé de réaliser la PO avec 45° de proclive de façon à réduire la compression diaphragmatique et augmenter la CRF. Si cette technique est efficace chez la femme non gravide, elle ne permet pas d'augmenter de manière significative la tolérance à l'apnée chez la femme enceinte avant césarienne (temps de désaturation à 95 % chez la femme enceinte : 156 secondes en proclive versus 173 secondes en décubitus dorsal strict) [61].

#### **4.5. Conduite à tenir en cas d'échec de la préoxygénation**

Un échec de la PO est défini par une FEO<sub>2</sub> inférieure à 90 % après trois minutes en VT. Cette situation est relativement fréquente en clinique (entre 5 et 6 %) [75] et doit être rattachée à la délivrance au patient d'une FiO<sub>2</sub> trop faible. Les facteurs de risque d'une PO insuffisante sont souvent les mêmes que ceux d'une VMD. Différents monitorages, bien qu'ayant leurs propres limites, peuvent être utilisés pour dépister cette PO inadéquate : la SpO<sub>2</sub> (qui n'est pas un reflet de la réserve en oxygène de l'organisme), qui reste essentielle pour identifier précocement une hypoxémie ; la FEO<sub>2</sub>, tout en sachant que de petits VT augmentent le différentiel entre FEO<sub>2</sub> et FAO<sub>2</sub> conduisant à une surestimation de FAO<sub>2</sub> ; la forme de la courbe de FEO<sub>2</sub> pour la qualité de la ventilation et l'étanchéité du circuit. Si la FEO<sub>2</sub> ne peut pas être augmentée au-dessus de 90 %, certains auteurs proposent d'utiliser d'autres techniques afin d'améliorer l'interface patient-circuit: débit d'oxygène élevé, masque haute concentration, canule nasale à haut débit, circuit directement à la bouche et en cas d'échec en particulier chez l'obèse : PO en pression positive et/ou techniques d'oxygénation en apnée [75-78].

#### **4.6. Oxygénation apnéique**

L'oxygénation apnéique consiste à administrer de l'oxygène pendant la période apnéique de la procédure d'intubation afin de prolonger le temps d'apnée au-delà de ce qui peut être obtenu par la préoxygénation seule [77, 79-81]. Ce concept a été introduit pour la première fois en salle d'opération, et plus récemment, son utilisation a été rapidement adoptée pendant la gestion des VAS dans les services d'urgence et les USI. La justification de l'oxygénation apnéique tourne autour de la capacité physiologique de captage continu de l'oxygène par les alvéoles par un processus passif sans ventilation [82-84]. Les techniques d'oxygénation apnéique regroupent essentiellement l'insufflation nasopharyngée à l'aide d'une canule d'oxygène avec un débit de 5 L/min ou d'oxygène nasal à haut débit (OHDN) [85]. Pendant la laryngoscopie, l'oxygénation apnéique peut être fournie sous forme d'apport continu d'oxygène tout au long de l'intubation à l'aide de canules nasales, de cathéters nasopharyngés et de laryngoscopes modifiés [86].

Des études ont démontré que ces techniques sont efficaces pour retarder la désaturation en oxyhémoglobine chez les patients souffrant d'obésité morbide [77, 81], et pendant une intubation trachéale d'urgence [87-88].

L'utilisation de l'oxygénation apnéique a été recommandée par les experts pour la gestion des situations à haut risque pour les voies aériennes, y compris les intubations d'urgence, et des patients présentant un risque de laryngoscopie et d'intubation difficiles en salle d'opération [89].

### **5. Induction anesthésique**

La gestion des VAS nécessite généralement une anesthésie afin d'inhiber les réflexes des voies aériennes et la réponse hémodynamique à leur instrumentation et d'assurer le confort du patient. Dans les situations d'urgence où le patient est inconscient ou comateux, comme dans le cas d'un arrêt respiratoire ou cardiaque, l'anesthésie peut ne pas être nécessaire du tout. Le plus souvent, cependant, la gestion des VAS est effectuée après l'induction de l'AG [90].

#### **5.1. Induction intraveineuse standard avec curarisation**

C'est la technique la plus courante pour l'induction de l'AG qui implique l'administration d'agents anesthésiques intraveineux à action rapide, suivie d'un myorelaxant. La relaxation musculaire obtenue par l'administration de curare améliore les conditions d'intubation en facilitant la laryngoscopie, en empêchant la fermeture réflexe du larynx et en prévenant la toux post-intubation [90].

Bien que l'utilisation de curares doit être prudente étant donné le risque d'apnée qui en résulte, la littérature démontre une utilisation et une efficacité répandues dans la gestion des VAS, y compris dans les cas qui s'avèrent difficiles. Dans une étude rétrospective, les auteurs ont constaté que le blocage neuromusculaire améliorerait la capacité à ventiler les patients au masque facial et que l'incidence de la VMD accompagnée d'une laryngoscopie difficile était plus élevée chez les patients qui n'avaient pas reçu de curares [91]. Au moins un essai prospectif a déterminé que les curares amélioreraient la ventilation au masque facial [15]. Le rapport et les conclusions du 4<sup>e</sup> projet d'audit national (NAP4) du Royal College of Anaesthetists, qui a examiné l'incidence des principales complications de la gestion des VAS pendant l'anesthésie au Royaume-Uni, fait deux recommandations concernant la curarisation : lorsque la ventilation au masque facial ou par masque laryngé est compliquée d'hypoxie, il faut envisager rapidement la curarisation pour traiter le laryngospasme. Deuxièmement, en cas d'échec de gestion des VAS, le rapport recommande l'utilisation de la curarisation avant d'indiquer la nécessité d'un accès chirurgical aux VAS [92].

L'introduction clinique récente du sugammadex et sa capacité à inverser rapidement les effets du rocuronium et du vécuronium ont des implications importantes pour la gestion des VAS [93-94]. A une dose de 16 mg/kg, le sugammadex inverse des doses de rocuronium de 1,2

mg/kg dans les 3 minutes suivant l'administration [95]. L'effet secondaire le plus préoccupant du sugammadex est l'hypersensibilité et l'anaphylaxie, qui s'est avérée rare et dépendante de la dose jusqu'à présent [96].

### **5.2. Induction intraveineuse sans curarisation**

Malgré la valeur du bloc neuromusculaire pour faciliter la gestion des VAS, son utilisation peut être indésirable dans certaines circonstances cliniques. Comme nous l'avons déjà mentionné, la disponibilité du sugammadex permet potentiellement l'utilisation de curares non dépolarisants, même dans le cadre d'une procédure chirurgicale courte. Néanmoins, il a été démontré que le couplage d'un hypnotique, tel que le propofol, avec une dose élevée de rémifentanyl, permet d'obtenir des conditions d'intubation acceptables en l'absence de curare chez l'adulte et l'enfant [97]. Des doses comprises entre 1 et 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ont été décrites ; des doses plus élevées permettent d'obtenir des conditions d'intubation meilleures et plus fiables mais produisent également un degré plus élevé de bradycardie et d'hypotension [97]. Les inconvénients de cette technique incluent une incidence potentiellement plus élevée d'ID, un risque accru de morbidité laryngée [98] et le risque d'une rigidité musculaire induite par les opioïdes entraînant des difficultés de ventilation au masque. Une autre approche de l'induction de l'AG pour faciliter l'intubation trachéale sans curare consiste à utiliser simplement une dose élevée de propofol. Cette approche est couramment adoptée lors de l'utilisation de DSG ; cependant, des doses plus élevées sont nécessaires lors d'une intubation trachéale [90].

Une autre alternative consiste à maintenir la ventilation spontanée. La kétamine est le seul hypnotique IV connu capable d'induire une AG sans risque de dépression respiratoire profonde. À des doses sédatives, les réflexes protecteurs des VAS sont maintenus. Lorsqu'elle est administrée comme agent d'induction unique, la ventilation spontanée est maintenue et l'apnée centrale est extrêmement rare [25]. L'indication classique d'une induction IV de l'AG avec la kétamine pour préserver la ventilation spontanée est le cas de la tamponnade cardiaque. Cependant, des cas d'apnée ont été rapportés et une obstruction des VAS est possible [99]. La kétamine est également un puissant sympathomimétique qui provoque une tachycardie et une hypertension, surtout aux doses d'induction. Ces effets secondaires peuvent être indésirables chez les patients qui sont déjà hypertendus ou tachycardes et particulièrement délétères chez les patients coronariens. La gestion des VAS peut également être affectée par la salivation excessive qui peut survenir après une dose d'induction de kétamine [25].

### **5.3. Induction en séquence rapide**

L'induction en séquence rapide (ISR) est indiquée pour les patients considérés comme ayant « l'estomac plein », et dont l'urgence chirurgicale ne permet pas de respecter le délai de jeûne préopératoire classique. L'ISR classique débute par une préoxygénation, se poursuit par une manœuvre de Sellick, une injection rapide de doses prédéterminées d'un hypnotique et de succinylcholine, sans morphinique. Le patient est ensuite intubé, sans avoir été ventilé au préalable. Chacune de ces étapes obéit à un rationnel et répond à des objectifs spécifiques. Quelques évolutions ont cependant été récemment proposées et expérimentées par certaines équipes [100].

L'ISR a pour objectif d'induire une perte de connaissance et un relâchement musculaire rapides permettant de protéger les VAS dans les plus brefs délais. Elle cherche à diminuer l'incidence de deux complications : l'inhalation du contenu gastrique et la désaturation [100].

#### **a. Modalités d'injection**

L'injection rapide de doses prédéterminées d'agents anesthésiques répond à deux objectifs. Elle permet d'obtenir plus rapidement qu'avec une titration la perte de conscience et le relâchement musculaire et donc de limiter le temps passé dans un état d'anesthésie « intermédiaire », propice au reflux et à l'inhalation du contenu gastrique. Par ailleurs, une titration des agents, induisant une hypoventilation alvéolaire progressivement croissante, sans ventilation mécanique associée (contrôlée ou aide inspiratoire), constituerait une perte de temps sur les durées d'apnée sans désaturation [100].

#### **b. Choix des agents anesthésiques et du curare**

L'hypnotique choisi est souvent le propofol, en raison de son délai d'action bref et de son délai de récupération court, mais le thiopental était autrefois le plus utilisé. Chez le patient en état hémodynamique précaire, l'étomidate ou la kétamine peuvent être indiqués. La dose de propofol administrée chez le nouveau-né est de 3 mg/kg, elle augmente progressivement jusqu'à 5 mg/kg chez le jeune adulte [100].

Le curare de référence est la succinylcholine, en raison de son délai d'action rapide, à la dose de 1 mg/kg. Le choix de la succinylcholine par rapport au rocuronium reste une question importante car la succinylcholine peut augmenter de manière significative la kaliémie et déclencher une hyperthermie maligne, mais elle offre un délai de récupération rapide qui peut être important en cas d'échec de gestion des VAS difficiles. Bien que le rocuronium ne déclenche ni hyperthermie maligne, ni hyperkaliémie, il n'offre pas de chance cliniquement significative de retour à la ventilation spontanée, en particulier aux doses utilisées pour l'ISR.

En 2015, une revue Cochrane actualisée a été publiée sur le sujet, incluant 4151 participants [101]. La revue a conclu qu'il n'y avait pas de différence statistique dans les conditions d'intubation entre la succinylcholine et le rocuronium à la dose de 1,2 mg/kg pour l'ISR. Les études utilisant plusieurs agents d'induction ont été incluses. Cependant, la recommandation synthétique de la revue était que, malgré les effets secondaires négatifs potentiels, la succinylcholine est cliniquement supérieure en raison de sa durée d'action plus courte [101]. Le rocuronium présente toutefois l'avantage de pouvoir être antagonisé rapidement par le sugammadex.

### c. Place des morphiniques

Les morphiniques ne font pas partie de l'ISR classique, en raison de leur effet émétisant et dépresseur respiratoire, associé aux cas rapportés de rigidité thoracique. Cependant, les agents de délai d'action court et de durée d'action brève sont de plus en plus souvent proposés en association avec l'hypnotique et la succinylcholine, pour limiter les réactions hémodynamiques à type de tachycardie et pics hypertensifs provoqués par la laryngoscopie. L'alfentanil et le rémifentanil présentent des profils pharmacologiques correspondant à ces critères. Certaines équipes proposent d'injecter ces molécules dans la minute qui précède l'administration d'hypnotique et de succinylcholine. Ainsi, le délai séparant l'injection de morphinique et l'intubation est trop court pour observer des vomissements ou une dépression respiratoire. Par ailleurs, la courte durée d'action de ces agents diminue le risque d'apnée prolongée en cas de difficultés de contrôle des VAS. Enfin, l'utilisation systématique de succinylcholine permet de s'affranchir de toute éventuelle rigidité thoracique. Dans une étude réalisée chez l'adulte, un bolus de 15 à 45 µg/kg d'alfentanil juste avant l'injection de thiopental et de succinylcholine, permettait de limiter les variations hémodynamiques observées à l'intubation lors d'une ISR et abolissait l'augmentation des concentrations plasmatiques d'adrénaline et noradrénaline. Cependant, avant l'intubation, les pressions artérielles systoliques des patients ayant reçu de l'alfentanil étaient diminuées de 20 mmHg par rapport au groupe témoin, ce qui remet en question la pertinence d'un tel schéma anesthésique chez les patients les plus fragiles [90].

### d. Manœuvre de Sellick

L'utilisation de la manœuvre de Sellick pendant l'ISR, est également un sujet de débat. Sellick a publié une description de la manœuvre comme moyen de prévenir l'inhalation [57] avant la description initiale de l'ISR. Le mécanisme proposé était que l'application d'une pression vers l'arrière sur le cartilage cricoïde comprimait l'œsophage contre le corps vertébral sous-jacent,

occluant l'œsophage. Après des années de pratique, en 2003, une étude anatomique a remis en question la pertinence de cette manœuvre : sur des images d'IRM, l'œsophage apparaissait déplacé latéralement lors de la pression cricoïdienne et non pas comprimé entre la trachée et le rachis [102]. Plus récemment toutefois, de nouvelles observations anatomiques ont réhabilité la manœuvre de Sellick : la pression cricoïdienne appliquée en regard de C5, ainsi que préconisée par Sellick lui-même, obstrue toujours l'hypopharynx, quelle que soit la position de l'œsophage (dont la limite supérieure se situe en regard de C6) [103]. Ainsi, c'est au niveau de l'hypopharynx que le contenu gastrique se trouve bloqué par la manœuvre de Sellick, en cas de reflux lors d'une ISR. Plusieurs arguments plaident en faveur de son intérêt, alors que, jusqu'à présent, il n'existe aucune preuve d'essai contrôlé randomisé soutenant son efficacité [104].

La force à appliquer pour réaliser une manœuvre de Sellick efficace, chez l'adulte, se situe entre 20 et 30 N. Dans ces conditions, la qualité de la laryngoscopie n'est pas altérée par la manœuvre. En revanche, l'application d'une force trop importante, supérieure à 30 N, altère l'exposition de la glotte et donc les conditions d'intubation [90]. Les guidelines les plus récentes de la DAS pour la gestion de l'intubation imprévue difficile chez l'adulte, publiées en 2015, réaffirment que la pression cricoïdienne doit être enlevée si l'intubation est difficile au cours d'une ISR [105].

### **e. La ventilation au masque**

La plus récente enquête américaine sur la pratique de l'ISR a révélé une variation significative par rapport à la description classique de l'ISR en ce qui concerne la ventilation en pression positive [106]. L'enquête rapporte que 71% des répondants, qui pratiquaient tous dans des centres médicaux universitaires, utilisaient une ventilation en pression positive via un masque facial avant de sécuriser les VAS pendant l'ISR [106]. Les auteurs qualifient la technique de préoxygénation + pression cricoïdienne accompagnée d'une ventilation en pression positive après l'induction de l'AG d'induction séquence rapide modifiée [25, 106].

En dehors du contexte d'hypoxie par exemple en cas d'ID, même si le risque lié à une ventilation au masque à faibles pressions semble limité, il n'y a pas réellement d'intérêt à introduire une étape systématique de ventilation avant l'intubation lors d'une ISR : si la PO est scrupuleuse et l'injection d'agents anesthésiques rapide, le patient se trouve déjà au maximum de ses réserves d'oxygène, sa durée d'apnée sans désaturation est déjà optimisée. Ventiler le patient ne permettra pas de disposer de plus de temps pour intuber le patient [90].

#### 5.4. Induction inhalatoire

L'induction inhalatoire est très couramment utilisée pour les patients sans accès veineux, en particulier la population pédiatrique qui refuse souvent d'accepter la pose d'un cathéter intraveineux. Une autre indication courante de l'induction inhalatoire est le maintien de la ventilation spontanée, comme chez le patient présentant une tamponnade cardiaque. Les anesthésiques volatils les plus couramment utilisés pendant l'induction sont l'halothane, le sévoflurane et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). L'isoflurane et le desflurane ne se prêtent pas à l'induction par masque en raison de leur odeur nocive et de leurs propriétés irritantes pour les voies aériennes, qui peuvent entraîner une incidence plus élevée de toux, et de laryngospasme. Le sévoflurane a largement remplacé l'halothane dans les pays développés en raison de son profil de sécurité cardiaque plus favorable [107].

Il existe plusieurs options pour induire une AG par inhalation. Si le patient est coopérant, il est possible d'effectuer une induction rapide de la capacité vitale. Le circuit doit d'abord être amorcé avec une concentration élevée d'anesthésique volatil. On demande au patient de faire une expiration profonde, suivie d'une inspiration aussi profonde que possible. Il a été démontré que le sévoflurane à 8 %, avec et sans 66 % de N<sub>2</sub>O, produit une induction plus rapide que l'halothane à 5 % avec 66 % de N<sub>2</sub>O. Les patients non coopérants peuvent être induits en utilisant des techniques plus graduelles pendant lesquelles un schéma respiratoire normal est maintenu. Un agent volatil peut être augmenté progressivement toutes les quelques respirations, ou une concentration élevée d'agent volatil peut être appliquée dès le début. Une autre étude a comparé le sévoflurane et l'halothane avec une concentration initiale élevée de sévoflurane chez les enfants et a montré que l'utilisation immédiate d'une concentration élevée de sévoflurane produisait une induction plus rapide [25].

L'induction par inhalation est plus rapide chez l'enfant que chez l'adulte en raison de plusieurs facteurs liés aux différences de ventilation, de débit cardiaque et à la solubilité des agents dans les tissus et le sang. L'induction par inhalation peut être particulièrement utile chez le patient non coopérant avec une intubation vigile. Plusieurs groupes ont rapporté des succès avec l'induction inhalatoire chez des patients présentant une intubation difficile connue ou suspectée [25].

## V. Etape de contrôle des VAS

La gestion des VAS est peut-être la compétence la plus critique en anesthésiologie. Comme nous allons le voir ultérieurement, l'évaluation préopératoire se concentre sur la reconnaissance des patients qui peuvent être difficiles à ventiler au masque ou à intuber. La connaissance et la maîtrise des différentes techniques d'établissement d'une voie aérienne perméable constituent le noyau central des compétences essentielles à une pratique sûre de l'anesthésiologie. Il est essentiel que les anesthésistes vérifient que tout le matériel fonctionne correctement avant de procéder à l'anesthésie d'un patient.

### 1. Ventilation au masque facial

La ventilation au masque facial est une technique simple et non invasive de gestion des VAS qui peut être utilisée comme mode de ventilation primaire pour une anesthésie de courte durée ou comme pont pour établir une voie aérienne plus définitive. La ventilation au masque est non seulement utilisée pour ventiler et oxygéner avant que les conditions d'une intubation trachéale ne soient réunies, mais elle constitue également une technique de sauvetage précieuse lorsque l'intubation trachéale s'avère difficile. Pour cette raison, la ventilation au masque est une partie intégrante des algorithmes de gestion difficile des VAS et une compétence essentielle pour le praticien en anesthésie [108].

La ventilation au masque est relativement contre-indiquée lorsque le risque de régurgitation est accru et doit être effectuée avec prudence chez les patients présentant un traumatisme facial grave ou pour lesquels la manipulation de la tête et du cou doit être évitée (par exemple, fracture instable de la colonne cervicale) [90].

#### 1.1. Matériels de ventilation au masque

##### a. Masque facial

Le masque facial sert d'interface pour administrer les gaz utilisés en anesthésie ou pour ventiler le patient. Le masque est composé d'un corps conique de forme ovale avec une encoche pour épouser l'arrête nasale et assurer l'étanchéité. Un raccord standard de 22 mm de diamètre, situé à la partie supérieure du corps, permet le raccordement au circuit. Autour de ce raccord, un anneau rigide muni de crochets permet d'accrocher les sangles d'un serre-tête. La partie inférieure en contact avec le visage est formée soit d'un bourrelet gonflable, soit d'un repli souple qui s'adapte à la forme du visage pour assurer l'étanchéité lors de l'insufflation manuelle (Figure 6). Les masques faciaux sont commercialisés en plusieurs tailles (0 à 6) et doivent être choisis en fonction de l'âge et de la morphologie du patient [1]. Les masques

traditionnels en caoutchouc ont été remplacés par des dispositifs transparents à usage unique. Ces derniers sont préférés par les patients et permettent à l'anesthésiste d'observer les voies aériennes à la recherche de vomissements ou de sécrétions pendant l'utilisation.



Figure 6. Masque facial [1].

### **b. Canules oropharyngées de Guedel**

Les COP de Guedel sont probablement les plus couramment utilisées en anesthésie-réanimation. Elles comportent une partie courbe creuse qui épouse la convexité de la langue, et à la partie proximale une partie renforcée résistant à la morsure, et une collerette permettant l'appui de la canule sur les lèvres. Elles contiennent une lumière centrale pour le passage du flux d'air et pour l'aspiration du pharynx postérieur (Figure 7). La mise en place est aisée et peu traumatisante [1] : Chez l'adulte et le grand enfant, l'insertion peut se faire avec l'extrémité distale orientée en céphalique, puis tournée de 180 degrés lorsque l'extrémité atteint la face postérieure du palais. Chez les plus jeunes enfants, cette manœuvre peut pousser la langue vers l'arrière et exacerber l'obstruction des VAS, c'est pourquoi la canule doit être insérée dans son orientation normale [109]. L'efficacité de la COP à maintenir la perméabilité des VAS repose sur le choix de la taille : trop grande elle rabat l'épiglotte qui peut obstruer l'orifice glottique, trop petite elle repousse la base de langue qui fait hernie devant l'orifice laryngé (Figure 8) [1]. Le choix de la taille doit correspondre à la longueur existant entre la commissure labiale et l'angle de la mandibule [43]. Des complications liées à l'utilisation d'une COP peuvent survenir : des lésions des lèvres ou des dents, une dent mobile peut se déloger dans la cavité buccale et se déplacer accidentellement dans l'arbre broncho-pulmonaire et la compression des structures buccales par la canule peut entraîner un engourdissement postopératoire transitoire et un mal de gorge [109].

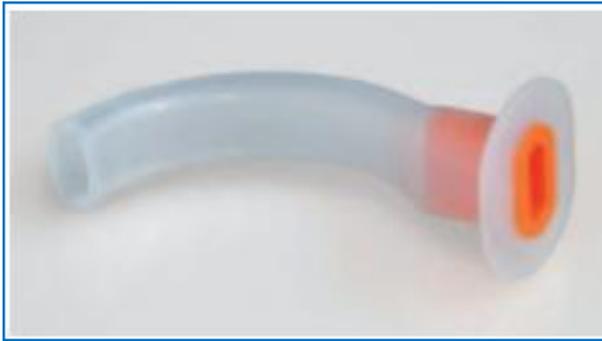


Figure 7. Canules oropharyngée de Guedel [1].

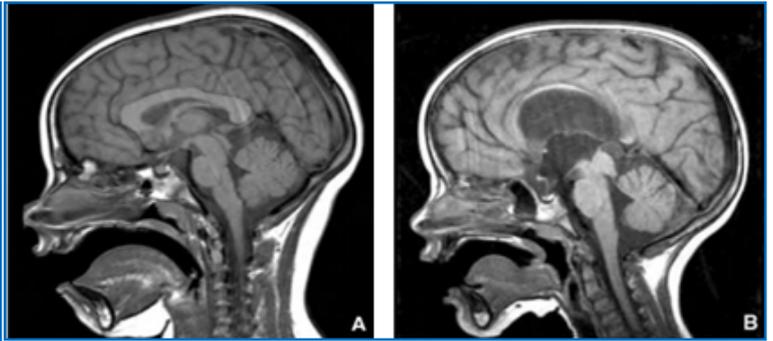


Figure 8. Canule oropharyngée en place [1].

A. Canule trop longue, l'épiglotte est rabattue.

B. Canule trop petite : la base de langue fait hernie

### c. Canules nasopharyngées de Wendel

Les CNP sont des tubes munis d'une collerette proximale assez large pour éviter l'introduction complète de la canule dans l'orifice nasal (Figure 9). Elles sont plus courtes qu'une sonde d'intubation et se placent en arrière de la base de langue au-dessus de l'épiglotte [1]. Le diamètre approprié de la canule est déterminé en se rapprochant du diamètre circulaire de la narine et sa longueur appropriée est estimée en mesurant la distance entre les narines et le tragus de l'oreille [109]. La technique de mise en place est similaire à celle d'une intubation par voie nasale [1]. Les CNP sont disponibles dans les tailles 12 à 36 F (diamètre extérieur, ou OD). L'insertion doit être douce dans le sens postéro-caudal le long du plancher de la cavité nasale pour éviter de traumatiser les cornets ou de blesser la muqueuse nasale. Elles sont peu utilisées en France [1].

Un circuit respiratoire d'anesthésie peut être connecté à tout type de CNP à l'aide d'un raccord de sonde trachéale de taille appropriée (Figure 10). Cette technique peut faciliter l'intubation des patients dont les voies aériennes sont difficiles en permettant l'administration d'anesthésique et d'oxygène pendant la manipulation des VAS. L'utilisation d'un raccord permet également d'administrer une pression positive continue (CPAP) [109].

La complication la plus fréquente résultant de l'insertion d'une CNP est un traumatisme de la muqueuse nasale ou pharyngée qui entraîne un saignement mineur. Elles ne doivent pas être insérées chez les patients présentant une coagulopathie, une neutropénie ou une suspicion de traumatisme de la base du crâne [109].



Figure 9. Canule nasopharyngée [1].



Figure 10. CNP avec raccord pour tube trachéal [109].

## 1.2. Techniques de ventilation au masque

La technique de ventilation au masque repose sur deux éléments clés :

- le maintien d'une étanchéité entre le masque facial et le visage du patient ;
- le maintien d'une perméabilité des VAS [110].

Le masque est généralement tenu de la main gauche, le pouce et l'index formant un "C" autour du col du raccord, les troisième et quatrième doigts sur la branche mandibulaire, et le cinquième doigt sur l'angle de la mandibule (figure 11). Le pouce et l'index sont utilisés pour exercer une pression vers le bas afin d'assurer l'étanchéité du masque, tandis que les autres doigts assurent le déplacement vers le haut de la mandibule pour faciliter la perméabilité des VAS. La main droite est libre pour assurer la ventilation manuelle. La pression sur les tissus mous sous-mandibulaires doit être évitée car elle peut entraîner une obstruction des VAS [90]. Cette technique utilisant une seule main est parfois inefficace, notamment chez les patients obèses ou édentés, en raison de l'impossibilité de maintenir l'étanchéité et/ou la perméabilité des VAS. Dans ces situations, une technique à deux mains peut être plus efficace. Une deuxième personne peut aider en ventilant, manuellement, le patient, sinon on peut utiliser une ventilation assistée contrôlée (VAC) qui entraîne des pressions de crête et des débits inspiratoires réduits par rapport à la ventilation manuelle, ce qui constitue une mesure de sécurité supplémentaire contre l'insufflation gastrique [111].

Dans la technique bimanuelle, l'anesthésiste utilise la main droite pour refléter la position de la main gauche afin d'améliorer l'étanchéité du masque facial et la poussée de la mâchoire. Une étude menée sur des patients anesthésiés a montré que cette technique améliorait la perméabilité des VAS, par rapport à la technique traditionnelle à une main [112].

### 1.3. Evaluation de l'efficacité

Une fois l'étanchéité est établie entre le masque facial et le visage du patient, l'efficacité de la ventilation au masque doit être vérifiée en observant le soulèvement de la poitrine, les volumes courants expirés, l'oxymétrie de pouls et la capnographie. Au cours de la ventilation contrôlée chez les patients ayant des poumons normaux et des VAS perméables, des volumes courants adéquats doivent être obtenus avec des pressions inspiratoires de crête inférieures à 20 cm H<sub>2</sub>O ; des pressions plus élevées doivent être évitées pour prévenir l'insufflation gastrique [113]. Si la ventilation en pression positive est inadéquate à des pressions inspiratoires acceptables, la perméabilité des VAS et la compliance pulmonaire doivent être évaluées [90].

Pour maximiser la perméabilité des VAS, la position de sniffing, qui associe la flexion cervicodorsale à l'extension atlantocervicale, est recommandée pour améliorer la perméabilité du pharynx (figure 12) [114]. Si la position de sniffing et l'avancement de la mandibule ne permettent pas de lever l'obstruction des VAS, des canules oropharyngées ou nasopharyngées peuvent être utilisées pour faciliter la perméabilité des VAS. D'autres techniques visant à améliorer l'étanchéité du masque dans des situations difficiles consistent à laisser les prothèses dentaires en place chez les patients édentés et à placer un pansement plastique adhésif sur les poils du visage [90].



Figure 11. Technique de ventilation au masque avec une seule main [90].



Figure 12. Position de "Sniffing".

## 2. Dispositifs supraglottiques

Les dispositifs supraglottiques (DSG) représentent un nouveau concept dans la gestion des VAS [1] qu'elles soient courantes ou difficiles. Ils étaient présentés comme une alternative moins invasive à l'intubation trachéale [115] en présentant les avantages suivants : mise en place rapide et sans l'utilisation d'un laryngoscope, moins de changements hémodynamiques lors de l'insertion et du retrait, moins de toux lors du retrait, pas besoin de myorelaxants, compétence laryngée et fonction mucociliaire préservées, et moins de traumatisme laryngé [116]. Dans les cas de gestion difficile des VAS, ils peuvent être un outil de sauvetage pour l'oxygénation et la ventilation ainsi qu'un conduit pour l'intubation [117]. La difficulté ou l'échec de la mise en place des DSG a été associée à une petite ouverture de la bouche, à une maladie supra- ou extra-glottique, à une déformation fixe de la colonne cervicale, à l'utilisation d'une pression cricoïde, à une mauvaise dentition ou à de grandes incisives, au sexe masculin, à la rotation de la table chirurgicale et à une augmentation de l'IMC [118, 119].

Les principales indications des DSG sont :

- Le maintien de la perméabilité des VAS lorsqu'une intubation trachéale n'est pas nécessaire.
- Le maintien de la perméabilité des VAS en cas de ventilation au masque facial difficile ou impossible (barbe, obésité, traumatisme du massif facial).
- En cas d'intubation difficile prévue ou imprévue, certains DSG peuvent faciliter l'intubation trachéale.

Certaines contre-indications à l'utilisation de DSG sont les suivantes : les patients présentant un risque de régurgitation du contenu gastrique, la position non couchée, l'obésité, les patientes enceintes, les interventions chirurgicales de longue durée et les interventions intra-abdominales ou sur les voies aériennes [116]. Bien qu'il existe de nombreuses études sur des patients appartenant à ces catégories pour lesquelles les DSG ont été utilisés avec succès, il faut considérer le risque par rapport aux avantages de l'utilisation dans ces situations.

L'inhalation reste une préoccupation lors de la mise en place d'un DSG et son risque augmente avec l'inflation gastrique, les pressions élevées dans les voies aériennes et le mauvais positionnement du DSG sur la glotte [46]. L'évolution de ces appareils témoigne d'un souci grandissant d'assurer aux voies aériennes une protection adéquate. Ainsi, plusieurs instruments récents présentent un conduit destiné à l'expulsion du matériel régurgité (masque laryngé ProSeal™, I-Gel™, etc.) ou incorporent un réservoir ayant pour but d'en permettre la

collecte (SLIPA™). Malgré ces éléments techniques, l'emploi planifié des DSG demeure controversé chez les malades à risque de RGO [4].

Les DSG doivent satisfaire à plusieurs exigences de l'American Society for Testing and Material (ASTM) [1]:

- Faciliter l'accès des gaz respiratoires au larynx (ASTM F2560) ;
- Offrir une résistance interne suffisamment basse pour permettre la ventilation spontanée ;
- Permettre une ventilation en pression positive avec un minimum de fuite ;
- Être munis d'un raccord standard ;
- Ne pas nécessiter une mise en place chirurgicale ;
- L'extrémité distale ne doit pas être située au niveau du larynx ou franchir les cordes vocales.

Les DSG peuvent être classés en deux groupes : les masques laryngés (ML) et les tubes laryngés.

### **2.1. Masques laryngés**

Le ML a été présenté pour la première fois par A. Brain dans un article du British Journal of Anaesthesia publié en 1983 [120]. Il s'agissait d'une étude de faisabilité au cours de laquelle était inséré un ML chez 23 patients bénéficiant d'une intervention chirurgicale sous AG avec curarisation. Les critères de jugement étaient la facilité d'insertion, le temps d'insertion, le recours au laryngoscope, la mesure de la pression de fuite, le volume de gonflage du coussinet, l'apparition et la gestion des fuites et l'évaluation en fin d'intervention de la tolérance du dispositif. Plus de 30 ans après, les mêmes critères de jugement sont encore régulièrement utilisés dans la littérature sur ce sujet. Son intérêt particulier était déjà pressenti pour l'AG des professionnels de la voix et pour la gestion des VAS en cas d'intubation difficile [115].

Ils sont constitués de deux parties, le masque proprement dit raccordé à un tube. Le masque a une forme ovoïde et est muni d'un ballonnet gonflable, le coussinet. Il est conçu pour s'adapter à l'anatomie du pharynx. Une fois en place, la pointe se situe au niveau du sphincter supérieur de l'œsophage, la partie distale derrière le cartilage cricoïde et la partie proximale sous la base de langue en deçà de la loge amygdalienne [1]. Il existe de nombreux modèles de ML disponibles sur le marché dont l'évaluation n'est pas exhaustive [115] et le chef de file en est le LMA-classic™ [1]. La majorité des ML ont été conçus avec un coussinet gonflable, d'autres non (I-gel® par exemple) [115]. Les ML classiques sont en silicone restérilisable ou

bien en polychlorure de vinyle (PVC) à usage unique. Il existe des ML avec tubes flexibles armés conçus pour la chirurgie ORL et maxillofaciale (restérilisables ou à usage unique). Il existe des masques laryngés ML munis d'un tube accessoire qui draine le liquide régurgité vers l'extérieur empêchant le reflux dans le pharynx [1].

**a. LMA-classic™ et LMA- unique™**

Le LMA-classic (figure 13.A), en silicone et autoclavable, est le plus ancien et le plus utilisé. Il est commercialisé en huit tailles. Les tailles 4 à 6 sont réservées à l'adulte. La taille 3 peut être utilisée chez l'adulte de petite taille et chez l'enfant de plus de 30 kg. Les tailles 1,5, 2 et 2,5 sont utilisées chez l'enfant et la taille 1 chez le nourrisson (Tableau 2). Deux barres souples situées sur la face laryngée du masque au niveau de la jonction tube/masque préviennent l'engagement de l'épiglotte dans le tube [1].

Encore aujourd'hui, le LMA-classic est toujours apprécié pour sa facilité d'insertion. Il peut être employé de manière planifiée ou encore comme instrument de dépannage dans les cas où l'intubation et/ou la ventilation au masque facial s'avèrent plus difficiles que prévu [4]. Cependant, beaucoup d'anesthésistes continuent de limiter son usage aux situations où les malades respirent spontanément afin d'éviter que la ventilation mécanique ne gonfle l'estomac. Ils ne l'utilisent que chez les patients présentant un très bas potentiel de RGO [4].

Le LMA-unique (figure 13.B) a les mêmes caractéristiques que le LMA-classic mais il est à usage unique. Il est commercialisé dans toutes les tailles [1].

Tableau 2 : Caractéristiques des masques laryngés standards [1].

Taille	Diamètre interne du tube (mm)	Diamètre externe du tube (mm)	Longueur du tube (cm)	ml d'air dans le coussinet	Correspondance clinique-poids
1	5,25	8,25	8,6	< 4	Nourrisson 2 à 5 kg
1,5	6,1	9,6	10	< 7	Nourrisson 5 à 10 kg
2	7	11	12	< 10	Enfant 10 à 20 kg
2,5	8,4	13	13,5	< 14	Enfant 20 à 30 kg
3	10	15	17,5	< 20	Adolescent et femme adulte 30-50 kg
4	10	15	17,5	< 30	Adulte 50-70 kg
5	11,2	16,5	20	< 40	Adulte 70-100 kg
6	11,5	17,5	23,5	< 50	Adulte > 100 kg

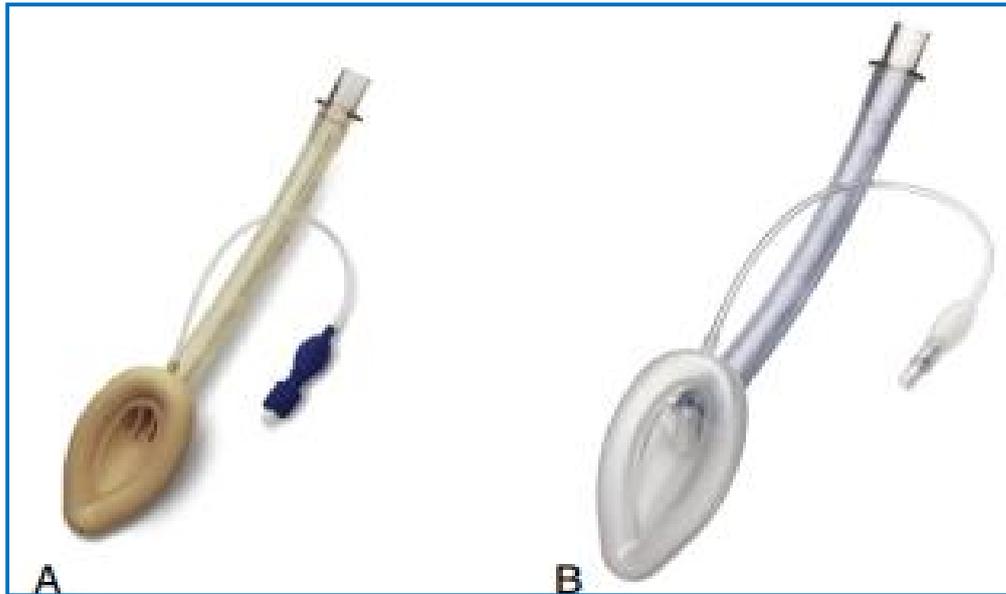


Figure 13. (A) LMA-classic™. (B) LMA-unique™ [121].

#### **b. LMA-ProSeal / LMA-Supreme**

Le LMA-ProSeal (Figure 14. A) réutilisable et le LMA-Suprême (Figure 14. B) à usage unique sont des modifications du LMA-Classic. Leurs manchettes sont modifiées pour s'étendre sur la surface postérieure du masque, ce qui permet d'améliorer l'étanchéité des VAS sans augmenter la pression muqueuse. Cela permet une ventilation avec des pressions des voies aériennes plus élevées. Ils contiennent tous deux une deuxième lumière qui s'ouvre à l'extrémité distale du masque pour servir de conduit œsophagien afin de faciliter la mise en place d'une sonde orogastrique. Cela permet de réduire le risque de régurgitation et d'inhalation du contenu gastrique. En outre, la mise en place d'une sonde orogastrique peut aider à confirmer le placement correct de ces dispositifs. Les LMA-ProSeal et Suprême sont également dotés d'un bloc de silicone rigide qui sert de cale-dent afin de réduire le risque d'obstruction du tube. Le LMA-Suprême peut être plus rapide et plus facile à insérer, a des pressions de ballonnet inférieures et des pressions de fuite oropharyngée supérieures à celles du LMA-Classic chez les patients subissant une intervention chirurgicale [122]. Cependant, en cas de difficulté de ventilation, le LMA-Classic reste le DSG de référence [117]. Les deux dispositifs sont disponibles en tailles pédiatrique et adulte [121].

#### **c. LMA-flexible™**

Le LMA Flexible est doté d'un tube en silicone souple renforcé par une armature métallique spiralée. Son diamètre est plus petit que celui de la version classique de taille équivalente. Il est également plus long [1]. Son insertion est plus difficile que celle du LMA Classic [116] et

peut être facilité par l'utilisation d'un stylet ou d'un introducteur. Il est disponible en tant que dispositif réutilisable ou à usage unique en tailles adulte et pédiatrique [121].

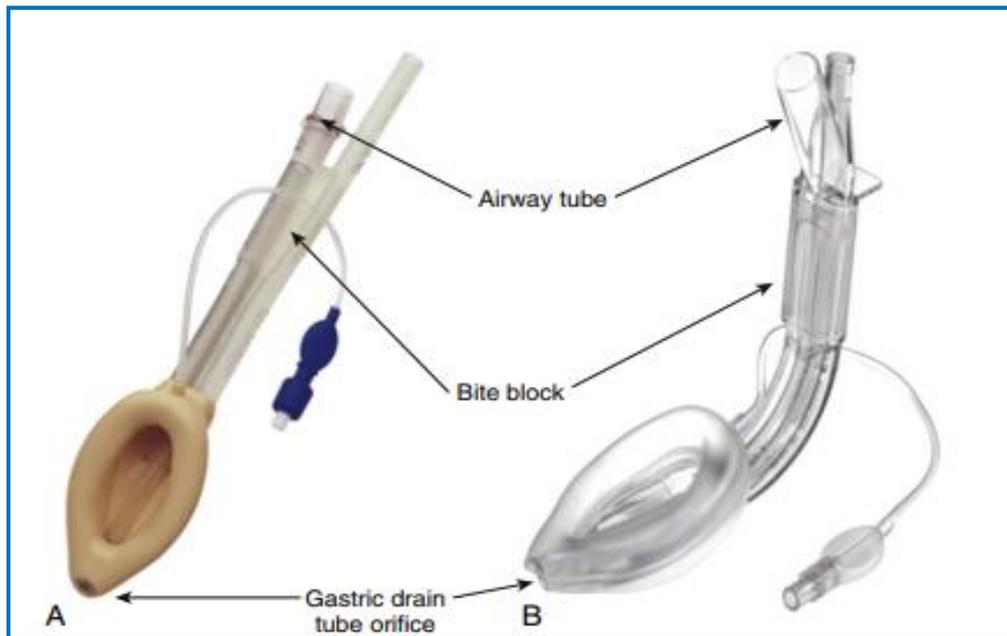


Figure 14. (A) LMA-ProSeal réutilisable et (B) LMA- Suprême à usage unique [121].

**d. Technique d'insertion** (figure 15)

**Technique de Brain et apparentés**

Après avoir sélectionné la taille, on prépare le ML en dégonflant complètement le coussinet pour le rendre totalement plat. Certains auteurs [123] modifient la technique standard en le dégonflant partiellement. Ensuite, on lubrifie la partie du coussinet qui sera en contact avec le palais. Le ML est saisi avec la main dominante comme un crayon en plaçant l'index au niveau de l'angle entre le tube et le coussinet et en orientant l'orifice du ML vers les pieds et l'avant du patient.

**Technique de Brain** : à l'aide de la main non dominante placée sous l'occiput, on bascule la tête du patient en extension.

**Technique de Brain modifiée** : sans modifier la position de la tête, on saisit la mandibule en maintenant la langue avec le pouce de la main non dominante contre le plancher de la bouche. On introduit la pointe du ML derrière les dents du haut, en longeant le palais. L'index de la main dominante pousse le ML jusqu'à ressentir une butée. Après avoir retiré la main de la bouche du patient, on gonfle le coussinet avec le volume d'air recommandé par le fabricant (habituellement inscrit sur le dispositif). Le ML semble reculer légèrement, signant ainsi sa bonne position dans le pharynx du patient. La pression dans le coussinet est mesurée à l'aide

d'un manomètre. La pression ne doit pas généralement dépasser 60 cm H<sub>2</sub>O [115].

### **Techniques avec rotation** [124, 125]

Le ML est partiellement dégonflé et son coussinet est lubrifié. La tête est en position neutre. Le ML est saisi par la main dominante au niveau de son extrémité proximale, le coussinet et l'orifice du ML sont maintenus vers le palais et l'arrière du patient ou latéralement. Le ML est introduit jusqu'à une sensation de butée dans l'hypopharynx. À ce moment, le ML est tourné sur son axe de 180° (ou de 90° si le dispositif est introduit latéralement) de façon à ce que l'orifice du dispositif soit finalement tourné vers l'avant du patient. Le coussinet du DSG est gonflé comme précédemment.

L'extrémité distale du dispositif est maintenant dans la bouche de l'œsophage. La glotte est devant l'orifice du masque. L'épiglotte reste devant le haut du coussinet. Les mélanges gazeux peuvent circuler librement vers les poumons à l'inspiration et vers le circuit d'anesthésie à l'expiration. Le dispositif est fixé en position médiane au maxillaire avec un ruban adhésif selon les recommandations du fabricant.

### **Mesure de la pression de fuite**

La mesure de la pression de fuite oropharyngée est utilisée pour évaluer l'étanchéité du DSG. La pression de fuite oropharyngée est mesurée après avoir fermé à 30 cmH<sub>2</sub>O la valve Adjustable Pressure Limit (APL) du circuit d'anesthésie. Chez l'adulte, on ouvre le débit de gaz frais à 6 L·min<sup>-1</sup> et on sélectionne le mode de ventilation spontanée du respirateur. Au bout de quelques instants, une fuite devient audible autour du DSG, la pression dans les voies aériennes atteint une pression d'équilibre qui est la pression de fuite oropharyngée. Elle est lue sur le respirateur [115]. La pression de fuite oropharyngée est de l'ordre de 23 cm H<sub>2</sub>O avec un dispositif de première génération et de 28 cm H<sub>2</sub>O avec un dispositif de seconde génération [126]. Pour mémoire, la pression de crête observée lors de la ventilation d'un patient adulte en volume contrôlé est de 25 à 30 cm H<sub>2</sub>O.

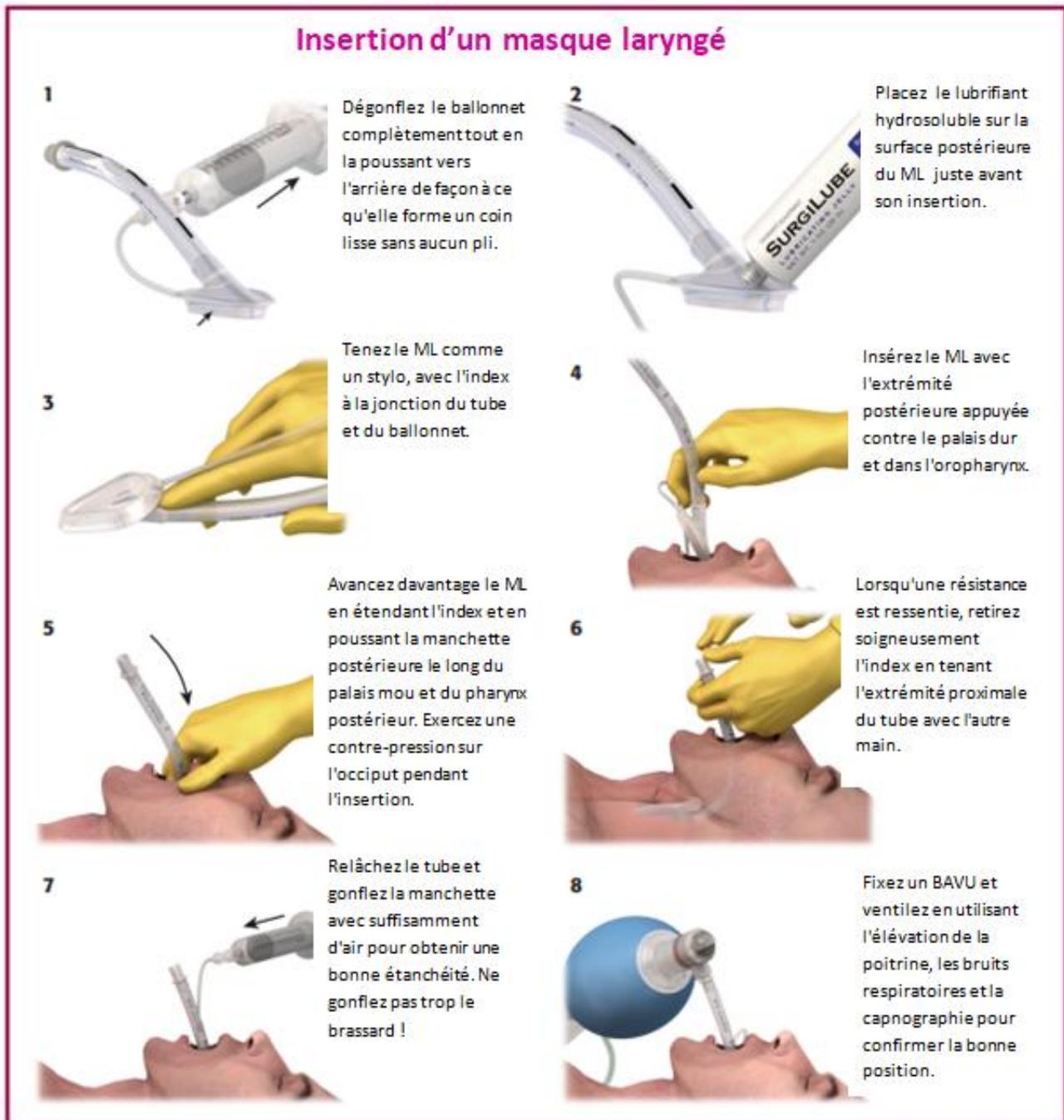


Figure 15. Étapes d'insertion du masque laryngé. Le LMA Unique est présenté dans cette séquence [127].

## 2.2. Masques laryngés pour intubation (MLI)

Dans les cas où l'on ne peut ni intuber ni ventiler le patient, une ventilation adéquate à l'aide du MLI est possible dans presque tous les cas et est plus efficace que le LMA-classic [128, 129]. Le MLI peut également être utilisé comme dispositif de ventilation et d'intubation primaire chez les patients dont la gestion des VAS s'avère difficile [130], et constitue une alternative raisonnable à la ventilation par BAVU pour la ré-oxygénation après l'échec d'une

tentative d'intubation trachéale. L'intubation trachéale à travers le MLI peut être réalisée en utilisant une technique à l'aveugle, avec un guide optique ou sous guidage endoscopique. Des études sur la gestion des VAS prévue difficile avec le MLI montrent que presque tous les patients peuvent être correctement ventilés avec le MLI et que 94% à 99% peuvent être intubés par le dispositif [128, 131-133]. En outre, dans le contexte de l'urgence, où l'intubation trachéale est l'objectif final, il est plus pratique d'utiliser un MLI qui est techniquement plus facile à utiliser que le LMA-classic. Les MLI sont particulièrement utiles chez les patients dont la ventilation manuelle est difficile en raison d'une barbe, d'un traumatisme facial grave ou de l'obésité, car aucun de ces facteurs n'empêche la mise en place d'un MLI. Lorsque des saignements importants au-dessus de la glotte rendent la ventilation et l'intubation difficiles, le MLI peut réduire l'inhalation de sang et faciliter l'intubation à l'aveugle ou par guide optique [127]. Il existe quatre types populaires :

### **a. Le LMA-Fastrach**

C'est le plus utilisé en pratique clinique et le mieux étudié et il est plus facile à insérer que le LMA-Classic [133-135] (figure 16.A). Ses avantages incluent une manche qui facilite la mise en place et permet à l'opérateur de la soulever pour améliorer l'étanchéité contre l'entrée du larynx si nécessaire. Il n'y a pas d'orifice gastrique pour permettre la décompression gastrique. Lorsque la tête est en position neutre, le LMA-Fastrach est plus susceptible de permettre une ventilation réussie que le LMA-Classic pendant la stabilisation en ligne de la colonne cervicale [136, 137]. Les taux d'intubation à l'aveugle sont significativement plus élevés avec le LMA-Fastrach qu'avec l'Air-Q [138]; aucune étude pertinente n'a encore été menée pour comparer les taux d'intubation à l'aveugle avec d'autres dispositifs.

### **b. Le LMA-CTrach**

C'est essentiellement un Fastrach™ muni d'une caméra à son extrémité distale. Celle-ci permet d'apercevoir le passage de la sonde entre les cordes vocales. Ce dispositif, qui combine la technologie vidéo à celle du masque laryngé d'intubation, a fait l'objet de peu d'études (figure 17) [4].

### **c. Le LMA-Air-Q**

C'est un dispositif qui peut être utilisé soit comme voie primaire de contrôle des VAS, soit comme voie intermédiaire pour l'intubation endotrachéale. Il comporte un masque elliptique, muni d'un ballonnet gonflable, et un tube légèrement incurvé avec un raccord détachable. Plusieurs caractéristiques facilitent l'intubation : une manche courte, l'absence de barres d'ouverture à l'intérieur du masque, un raccord détachable permettant d'utiliser la large

lumière de la manche pour l'intubation, et un canal distal formé pour diriger une sonde d'intubation vers le larynx [116]. Lorsqu'il est utilisé comme conduit d'intubation, à chaque taille du masque laryngé Air-Q correspond une taille maximale de tube endotrachéal à ballonnet. Après la mise en place d'une sonde endotrachéale, le retrait du dispositif Air-Q est facilité par un stylet de retrait. L'Air-Q est disponible en tailles nourrisson, pédiatrique et adulte, en tant que dispositif réutilisable ou à usage unique. La plus grande taille peut être utilisée avec une sonde endotrachéale standard de 8,5 mm maximum (Figure 16.B) [121].

### **d. L'I-Gel**

Bien qu'il possède certaines des caractéristiques du masque laryngé ProSeal™, le I-Gel™ s'en distingue puisqu'il ne possède pas de manchette gonflable. Disponible en plusieurs tailles, le I-Gel™ épouse les formes de l'oropharynx par le biais d'un coussin fait de plastique malléable de texture gélatineuse (Figure 16.C). À l'image des masques ProSeal™ et Supreme™, il possède deux conduits, l'un qui se termine dans l'oropharynx et permet de procéder à la ventilation, l'autre dont l'orifice est situé sur la pointe de l'appareil et dont le but est de s'accoler à l'œsophage [4]. La partie proximale de section élargie, appelée stabilisateur de cavité buccale, a une forme elliptique et aplatie latéralement et contient les deux conduits, ventilatoire et gastrique. À l'extrémité proximale du dôme se trouve une épiglotte artificielle et une nervure de protection qui aide à empêcher l'épiglotte de se replier vers le bas ou d'obstruer l'orifice distal du dispositif [1]. Il est facile à insérer [4] et peut être une voie primaire de contrôle des VAS, mais il est également doté d'un canal large qui peut être utilisé comme conduit pour l'intubation avec guidage par fibre optique [139, 140]. Ce DSG existe en tailles nourrisson, enfant et adulte. Les tailles adultes peuvent accueillir des sondes d'intubation de 6,0 à 8,0 mm [121].

### **e. L'Ambu AuraGain**

C'est un masque laryngé plus récent avec accès gastrique qui semble prometteur, bien que peu de recherches aient été menées sur ce dispositif à ce jour (Figure 16.D) [127].



Figure 16. (A) LMA Fastrach, (B) Air-Q, (C) I-gel, (D) Ambu AuraGain, (E) LMA Suprême [127].



Figure 17. LMA CTrach [4].

### f. Technique d'insertion

Étant donné que l'insertion de tous les masques laryngés d'intubation suit des étapes similaires, on va décrire l'insertion et l'utilisation du LMA-Fastrach (figure 18):

Après avoir choisi la taille appropriée, l'insertion peut être effectuée soit avec le ballonnet entièrement dégonflé de façon à ce qu'il forme une concavité vers la surface du pharynx, comme le recommande le fabricant, soit partiellement gonflé. Un lubrifiant hydrosoluble doit d'abord être appliqué sur la surface postérieure du dispositif. La bouche du patient est ouverte et l'insertion du dispositif peut être facilitée par un degré modéré d'avancement de la mandibule. Le dispositif est tourné tout en maintenant une légère pression contre le palais et le pharynx postérieur du patient jusqu'à ce que la poignée rencontre le visage ou qu'une résistance soit ressentie lorsque l'extrémité du dispositif se loge dans le sphincter œsophagien supérieur. Une fois correctement placé, le ballonnet est gonflé soit avec le volume d'air dicté par les recommandations du fabricant imprimées sur chacune des différentes tailles du dispositif, soit à une pression approximative de 60 cm H<sub>2</sub>O. Le clinicien peut modifier le volume d'air à ce moment-là, en fonction de l'adéquation de la ventilation et de la présence de fuites d'air. Le dispositif doit être doucement tourné dans le plan sagittal (la " première " manœuvre de Chandy) (figure 18, étape 7) pendant l'évaluation clinique du patient et jusqu'à ce que la ventilation soit optimisée. Cela permet de s'assurer que l'ouverture du dispositif est alignée avec l'ouverture glottique [131].

Le LMA-Fastrach peut être laissé in situ comme dispositif de ventilation ou on peut procéder à une intubation. Le passage réussi d'une sonde trachéale à travers la glotte dépend de multiples facteurs, notamment : la technique et l'expérience de l'opérateur, la lubrification du tube, l'induction anesthésique et le type de sonde utilisée. Bien qu'elle soit parfois réservée aux cas difficiles, le fabricant suggère l'utilisation systématique de la "deuxième manœuvre de Chandy" (soulever le dispositif de la paroi pharyngée postérieure à l'aide de la poignée métallique), qui empêche la collision de la sonde avec les aryténoïdes et minimise l'angle entre l'ouverture du dispositif et la glotte [141], (figure 18, étape 8). Il a été démontré que l'administration d'une faible dose de 0,2 mg.kg<sup>-1</sup> de rocuronium augmentait le taux de réussite de l'intubation en aveugle de 30 % à 80 % [142], tandis que d'autres rapports n'indiquent aucune différence dans la réussite de l'intubation en aveugle entre une faible dose de 0,2 mg.kg<sup>-1</sup> et une dose moyenne de 0,4 mg.kg<sup>-1</sup> de rocuronium [143].

Si une difficulté est rencontrée lors du passage de la sonde malgré l'utilisation des deux manœuvres de Chandy, il faut d'abord rétracter partiellement la sonde dans le tube métallique du dispositif, puis faire pivoter le MLI gonflé hors de l'oropharynx sur environ 6 cm et le réinsérer (la " manœuvre haut-bas ") pour libérer l'épiglotte. Si l'intubation ne réussit toujours pas ou si une résistance est ressentie, il est possible que la taille du dispositif utilisée ne soit pas la bonne. L'application d'une pression cricoïde peut empêcher le placement optimal du dispositif et le passage de la sonde d'intubation. La réduction ou la suppression de la pression cricoïde peut être justifiée dans ce contexte [131].

## Insertion d'un masque laryngé type Fastrach

**1** Dégonflez le ballonnet complètement tout en le poussant vers l'arrière de façon à ce qu'il forme un coin lisse sans aucun pli.

Placez la tête et le cou dans une position légèrement surélevée avec une extension minimale. Ouvrez la bouche et placez le dispositif contre le palais d'abord immédiatement en arrière des incisives supérieures.

**2** Placez le lubrifiant hydrosoluble sur la surface postérieure du ML, juste avant son insertion.

**3**

**4** Avancez le MLI dans la bouche jusqu'à ce que la partie incurvée du tube entre en contact avec le menton. Ensuite, faites le tourner dans l'hypopharynx jusqu'à ce que vous sentiez une résistance ferme. Relâchez la pression du cricoïde pendant cette étape.

**5** Lâchez la poignée et gonflez le brassard. Au début, gonflez le brassard avec seulement la moitié du volume maximal, puis augmentez le gonflage si nécessaire. Ne gonflez pas trop le ballonnet.

**6** Fixez un BAVU et ventilez le patient. Utilisez le soulèvement de la poitrine, l'auscultation et la capnographie pour confirmer la bonne ventilation.

**7** Chandy Maneuver Step 1

Si un ajustement est nécessaire, essayez la manœuvre de Chandy. Tout d'abord, faites doucement pivoter l'ILMA plus loin dans l'hypopharynx.

**8** Chandy Maneuver Step 2

Ensuite, soulevez la poignée vers le haut, en direction du plafond, au-dessus des pieds du patient. Cette manœuvre permet d'aligner le MLI avec la glotte ainsi qu'une meilleure ventilation.

**9**

Si ces manœuvres échouent, l'épiglotte peut être rabattue sur la glotte. Effectuez la manœuvre "haut-bas", en faisant d'abord pivoter le MLI hors de l'hypopharynx le long de sa courbure sur environ 5-6 cm.

**10**

Ensuite, faites glisser le MLI pour le remettre en place tout en le pressant contre la partie postérieure du pharynx. (Remarque : le brassard doit rester gonflé pendant cette manœuvre).

Figure 18. Les étapes d'insertion d'un masque laryngé type Fastrach [127].

### 2.3. Combitube et tubes laryngés (figure 19)

Le Combitube et le tube laryngé King (King LT) sont principalement utilisés pour le contrôle urgent des VAS en milieu préhospitalier lorsque l'intubation endotrachéale n'est pas possible ou réalisable. Les techniques d'insertion en aveugle de ces dispositifs nécessitent une formation minimale [144].

#### a. Le Combitube

C'est un dispositif de VAS qui peut être placé à l'aveugle et rapidement [145], disponible en taille adulte [144]. Il se compose de deux lumières parallèles, d'un petit ballonnet distal et d'un grand ballonnet proximal. Lorsqu'il est placé à l'aveugle, l'extrémité se retrouve dans l'œsophage dans environ 95 % des cas et dans la trachée dans environ 5 % des cas. Le tube le plus long est utilisé pour la ventilation lorsque l'extrémité est dans l'œsophage (figure 20.A). Il est perforé au niveau du pharynx et occlus à l'extrémité distale. Le tube le plus court est utilisé pour la ventilation lorsque l'extrémité est dans la trachée (fig. 20.B). Il est ouvert à l'extrémité distale, comme une sonde trachéale standard. Le grand ballonnet proximal est conçu pour occlure le pharynx en remplissant l'espace entre la base de la langue et le palais mou. Le petit ballonnet distal sert de fermeture étanche de l'œsophage ou de la trachée [146-149]. Le Combitube assure une ventilation adéquate chez environ 95 % des patients lorsqu'il est placé par des intervenants pré-hospitaliers [146, 148, 149], et chez près de 100 % des patients lorsqu'il est placé par des médecins [150]. Il se compare favorablement à la sonde d'intubation en ce qui concerne la ventilation et l'oxygénation dans les situations d'arrêt cardiaque [147]. Chez les patients inconscients, le Combitube peut assurer une protection contre l'inhalation [151]. Il doit être remplacé après 8 heures d'utilisation en raison de la pression que le tube exerce sur la muqueuse pharyngée [144]. Le tube laryngé étant plus facile à utiliser et s'étant avéré être un dispositif efficace et fiable pour les voies aériennes primaires et de secours, le Combitube est utilisé moins fréquemment qu'auparavant [127].

Pour insérer le Combitube : Tenez le dispositif dans la main dominante et avancez-le doucement vers le pharynx tout en saisissant la langue et la mâchoire entre le pouce et l'index de la main non dominante. Faites passer le tube en aveugle le long de la langue jusqu'à une profondeur qui place les anneaux imprimés sur l'extrémité proximale du tube entre les dents du patient et la crête alvéolaire. Si une résistance est rencontrée dans l'hypopharynx, retirez le tube et pliez-le entre les ballons pendant plusieurs secondes pour faciliter l'insertion [152]. Après l'insertion, gonflez le ballon pharyngé avec 100 ml d'air et le ballonnet distal avec 10 ml à 15 ml d'air. Le gros ballonnet pharyngé sert à placer solidement le Combitube dans

l'oropharynx et crée un système fermé en cas de placement œsophagien. Étant donné qu'environ 95 % des placements sont œsophagiens, commencez la ventilation par le tube le plus long (bleu) [149]. Utilisez le soulèvement de la poitrine, l'auscultation et la capnographie pour confirmer le placement correct du Combitube. Il est également possible d'utiliser un dispositif d'aspiration de type Wee sur la lumière la plus courte (transparente) pour confirmer que l'extrémité est dans l'œsophage avant la ventilation par la lumière la plus longue (bleue) [153]. L'impossibilité d'aspirer facilement l'air confirme le placement œsophagien. Une aspiration facile indique un positionnement trachéal du tube et nécessite de modifier la ventilation vers la lumière trachéale plus courte (transparente) [127]. Un gonflage inapproprié du ballonnet et un placement incorrect du Combitube peuvent entraîner des fuites d'air pendant la ventilation. Le Combitube doit être maintenu dans la position médiane réelle pendant l'insertion pour éviter les poches aveugles dans la zone supraglottique, qui peuvent empêcher le passage du tube [149].

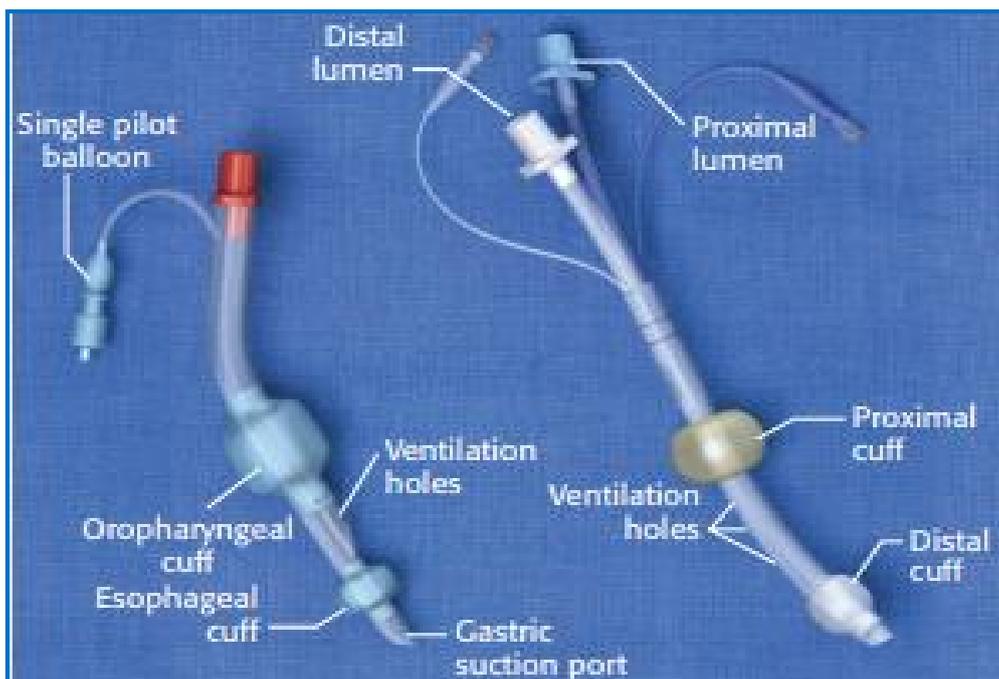
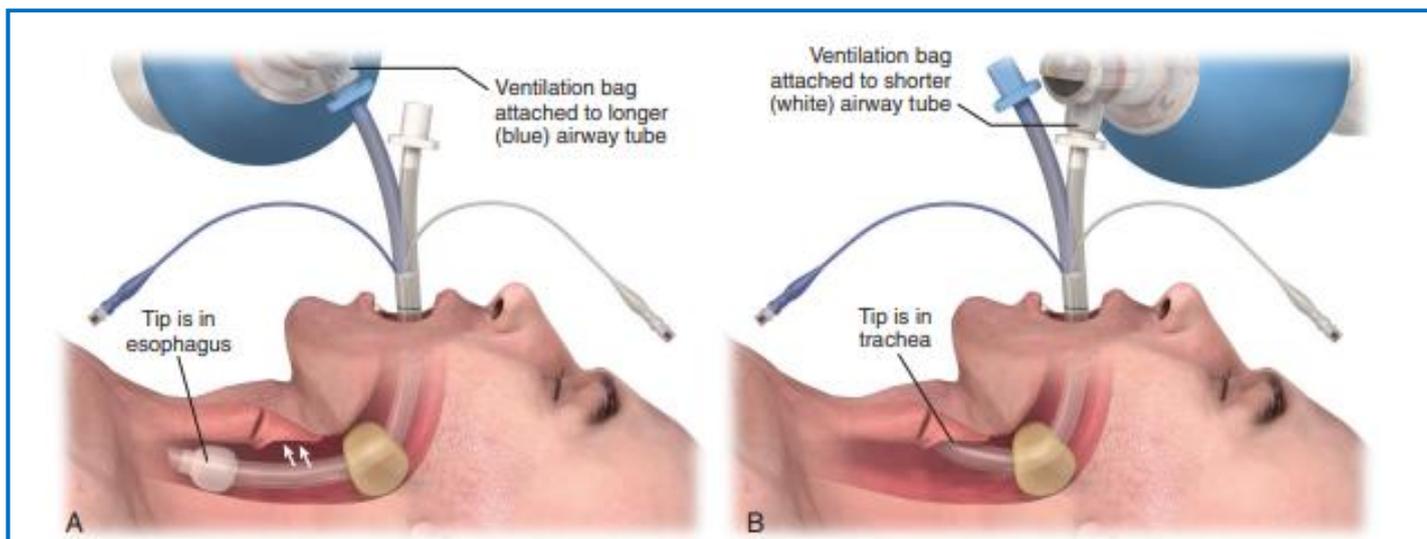


Figure 19. Le King LTS-D (à gauche) et le Combitube (à droite) [127].



**Figure 20.** Combitube. (A) positionnement œsophagien : il faut commencer la ventilation par le tube le plus long (bleu). Lorsque l'extrémité distale se trouve dans l'œsophage, la ventilation s'effectue par les trous de ventilation situés entre les ballonnets distal et proximal (flèches blanches). (B) Si l'extrémité du Combitube se trouve dans la trachée, la ventilation ne peut pas être effectuée par le long tube (bleu). Il est essentiel de reconnaître rapidement cette situation et d'utiliser le tube court (blanc) pour la ventilation [127].

**b. Le tube laryngé** (ou King LT)

C'est un dispositif rétro-glottique dont le fonctionnement est similaire à celui du Combitube. Il est conçu pour être placé à l'aveugle et isoler l'ouverture glottique entre un ballonnet oropharyngé et un ballonnet œsophagien (figure 21). Contrairement au Combitube, le King LT n'a qu'une seule lumière et un système de ballonnet simplifié, de sorte que les deux ballonnets peuvent être gonflés à partir d'un seul port et son extrémité est faite pour être placée dans l'œsophage uniquement. Sa forme et la taille de son embout rendaient peu probable son placement dans la trachée [154].

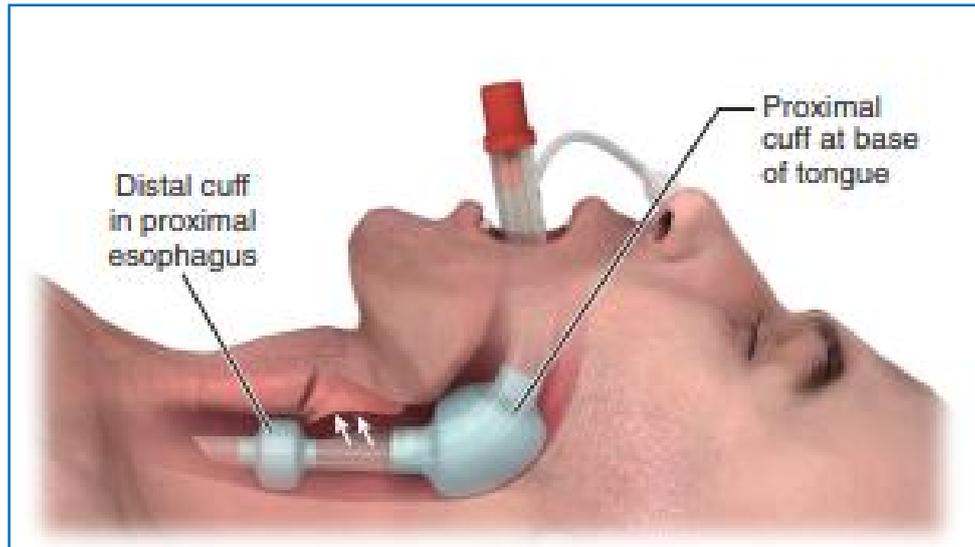
La littérature concernant le King LT est imprécise car de nombreuses versions du dispositif ont été testées cliniquement au cours de la dernière décennie. Les dernières versions jetables sont le LT-D et le LTS-D. Le LTS-D, disponible depuis 2004, est doté d'un orifice d'aspiration gastrique de 18 Fr à son extrémité et également appelé LTS II dans certaines publications [155, 156]. Sa popularité s'est rapidement accrue dans les systèmes de SMU. Plusieurs études ont montré que le LTS-D a un taux élevé de ventilation réussie en salle d'opération [157, 158]. De plus, il existe plusieurs rapports de cas où le LT a été utilisé comme dispositif de secours pour le scénario "impossible à intuber/impossible à ventiler" et

lorsque le placement d'un ML a échoué [159, 160]. Certaines données suggèrent que le LTS-D peut être utile chez les nouveau-nés et les petits enfants lorsque la laryngoscopie directe échoue [161], bien que le plus petit LT-D actuellement disponible aux États-Unis soit de taille 2 (patients de 12 kg à 25 kg), et le plus petit LTS-D de taille 3. Dans le cadre des SMU, le LT-D présente un taux de réussite élevé (95 %) lorsqu'elle est utilisée pour la ventilation d'un arrêt cardiaque survenu en dehors de l'hôpital [162]. Une étude a révélé un taux de réussite plus élevé lors de la première tentative pour les ambulanciers utilisant le King LT en cas d'arrêt cardiaque, par rapport à l'intubation endotrachéale [163].

Pour insérer le King LT : Après avoir déterminé la taille appropriée du LT King, vérifiez les ballonnets, puis dégonflez-les complètement avant de les placer. Lubrifiez le dispositif avec un lubrifiant hydrosoluble. La meilleure position du patient pour l'insertion du King LT est la position de sniffing, mais il peut être placé avec la tête en position neutre si nécessaire. Tenez le King LT au niveau du connecteur avec la main dominante et maintenez la bouche ouverte en saisissant le menton avec la main non dominante. Introduisez l'extrémité du dispositif dans le coin de la bouche tout en faisant pivoter le tube de 45 à 90° de sorte que la ligne d'orientation bleue sur le dispositif touche le coin de la bouche. Faites passer l'extrémité du dispositif dans la bouche et sous la langue. Lorsque l'extrémité passe sous la base de la langue, faites pivoter le tube vers la ligne médiane de façon à ce que la ligne d'orientation bleue soit tournée vers le plafond. Sans exercer de force, avancez le King LT jusqu'à ce que le connecteur soit aligné avec les dents. Gonflez les ballonnets avec le volume minimum nécessaire pour créer une bonne étanchéité. Tout en ventilant avec un BAVU, retirez doucement le LT jusqu'à ce que la ventilation devienne facile (Figure 21) [127].

### **c. Le Cobra Perilaryngeal Airway (Cobra PLA)**

Le Cobra PLA est un autre DSG qui facilite la gestion des VAS. Il est constitué d'un embout distal souple qui comporte des ouvertures pour la ventilation et qui est conçu pour être positionné dans l'hypopharynx, au-dessus de l'entrée du larynx (figure 22). Il est maintenu en place par un ballonnet plus proximal et possède un connecteur proximal de 15 mm qui se fixe au circuit respiratoire d'anesthésie. Le Cobra PLA est disponible en huit tailles différentes, dont cinq sont adaptées aux enfants. Il peut être utilisé pendant la ventilation spontanée ou contrôlée, et les plus grandes tailles peuvent accueillir un bronchoscope à fibre optique et une sonde trachéale de taille appropriée pour les intubations difficiles [109].



**Figure 21.** King LTS-D. Le dispositif est correctement placé à l'arrière du larynx, avec l'extrémité distale dans l'œsophage proximal. La manchette distale est gonflée dans l'œsophage proximal et la manchette proximale, plus grande, est gonflée à la base de la langue. La partie proximale du tube se trouve au niveau de la ligne des lèvres et l'ouverture distale (entre les ballonnets) est alignée avec l'ouverture glottique ; le flux d'oxygène du dispositif vers la glotte est représenté par les flèches blanches [127].



**Figure 22.** Le Cobra Perilaryngeal Airway [109].

### **3. Intubation trachéale**

La procédure définie par le terme « intubation » consiste à introduire une sonde à travers l'orifice glottique pour cathétériser la trachée du patient. Cette technique permet d'assurer une ventilation efficace, mécanique ou non, en s'affranchissant des risques d'inhalation massive et en maintenant les voies aériennes libres. L'intubation peut se présenter sous deux formes : intubation orotrachéale (IOT) ou intubation nasotrachéale (INT) [43].

Si l'intubation est un acte thérapeutique bien maîtrisé par les équipes entraînées y ayant recours quotidiennement telles que les anesthésistes-réanimateurs ou infirmiers anesthésistes, elle reste néanmoins une procédure à risque. La morbi-mortalité potentielle de cette technique justifie que sa séquence de réalisation soit bien définie et que sa réalisation pratique soit bien codifiée. L'anticipation des risques potentiels, prévus ou non, lors d'une intubation, nécessite de mettre en place un dépistage des facteurs de risque d'intubation dite « difficile ». Un interrogatoire et un examen clinique ciblés permettent ainsi d'adapter la procédure et le matériel nécessaire à un patient et à une situation donnée. Bien que la lame de laryngoscopie dite « standard » de Macintosh soit, encore aujourd'hui, la plus utilisée, l'arrivée des vidéo-laryngoscopes (VL) tend à se démocratiser au sein des blocs opératoires et s'intègre à présent dans les arbres décisionnels planifiant l'intubation en fonction des situations [43].

#### **3.1. Indications de l'intubation**

##### **a. Maintenir la liberté des VAS**

Le recours à l'intubation est nécessaire lorsque le patient n'est plus capable d'assurer seul le maintien d'un tonus musculaire des VAS permettant le passage d'air dans les poumons et assurant l'hématose. Cette situation peut être rencontrée dans de nombreux cas, du patient ayant convulsé et présentant un état neurologique post-critique au patient alcoolisé exempt de réflexes de protection [43].

##### **b. Sécuriser les VAI / Protection et prévention de l'inhalation.**

Hormis son rôle de maintien de la perméabilité même en cas de baisse du tonus des VAS, l'intubation peut s'avérer utile pour éviter le passage du contenu gastrique et des sécrétions salivaires, oropharyngées et nasales dans l'arbre trachéo-bronchique. La sécurisation des voies aériennes peut notamment être nécessaire chez les patients présentant des troubles de la conscience comme c'est le cas, par exemple, lors de l'induction anesthésique. Cette fonction de protection est assurée par l'étanchéité induite par le gonflement du ballonnet de la sonde. Cette étanchéité n'est cependant pas totale et on peut rencontrer des cas d'infections

bronchiques ou de pneumopathies en lien avec un passage passif de sécrétions autour du ballonnet (micro-inhalations), surtout si l'intubation se prolonge dans le temps [43].

**c. Assister le patient sur le plan ventilatoire dans les cas de détresse respiratoire aiguë ou nécessité de ventilation mécanique**

D'une manière générale, tout patient présentant des critères de détresse respiratoire aiguë ne permettant plus de maintenir une fonction d'hématose suffisante et entraînant une hypoxémie sévère ( $\text{PaO}_2 < 45 \text{ mmHg}$ ) et /ou une hypercapnie menaçante ( $\text{PaCO}_2 > 65 \text{ mmHg}$ ) malgré des mesures symptomatiques « non invasives » (oxygénothérapie, ventilations non invasives) doit imposer une réflexion quant à une intubation éventuelle. Un cas particulier est représenté par l'arrêt cardiorespiratoire (ACR) pouvant nécessiter une intubation, notamment en milieu hospitalier. En milieu extrahospitalier, l'intubation n'a pas montré de bénéfice en termes de morbi-mortalité dans la prise en charge de l'ACR [164].

Dans ce contexte particulier, l'intubation est grevée d'une morbi-mortalité plus importante du fait des complications locales, respiratoires et hémodynamiques potentielles pouvant accompagner sa mise en œuvre. Ainsi, cette situation impose sa réalisation dans un environnement contrôlé en présence d'un opérateur expérimenté, rodé à ce type de pratique [43].

**d. Réaliser une fibroscopie ou un prélèvement de sécrétions bronchiques distales**

La réalisation d'aspirations trachéo-bronchiques ou de prélèvements distaux protégés chez des patients présentant un défaut de clairance mucociliaire quelle qu'en soit la cause (hypersécrétion, anomalie du drainage ou réflexe de toux inefficace) peut nécessiter la mise en place d'une intubation pour l'accès aux voies aériennes inférieures [43].

**e. Réaliser une anesthésie générale**

La nécessité de réaliser un geste médical ou chirurgical sous AG représente une des indications « programmée » de l'intubation. Dans ce cadre, celle-ci permet aussi bien de ventiler mécaniquement le patient sous sédation que de protéger les VAI et de réaliser les aspirations trachéo-bronchiques en cas de besoin [43].

**3.2. Contre-indications de l'intubation**

Il n'existe pas, à proprement parler, de contre-indication à l'intubation surtout dans les cas où sa réalisation est directement liée au pronostic vital du patient. Cependant, ce geste technique doit toujours être réalisé dans des cas de nécessité absolue, en mettant en avant la balance bénéfices-risques l'accompagnant, au regard des complications potentielles qui lui sont

associées. Ainsi, en cas de difficultés prévisibles d'intubation, notamment hors du contexte d'urgence, le praticien devra systématiquement envisager la mise en place de solutions alternatives (report d'intervention ou d'acte technique, utilisation de dispositifs supraglottiques ou ventilation au masque facial) [43].

### **3.3. Matériel d'intubation**

La réalisation d'une intubation nécessite du matériel « de base » comprenant au minimum une sonde d'intubation avec ballonnet et une seringue permettant de gonfler celui-ci, un laryngoscope, une canule de Guedel et un rouleau de scotch adapté pour la fixation de la sonde (figure 23) [43].

#### **3.3.1. Sondes d'intubation endotrachéale**

Il existe sur le marché plusieurs types de sondes d'intubation dont certaines sont adaptées à une utilisation dans des situations particulières comme les sondes armées, préformées ou à double lumière.

Les sondes d'intubation dites « standards » sont à usage unique, emballées stérilement, fabriquées en PVC et sont munies d'un ballonnet gonflable à basse pression (figure 24) [43].

Le matériau doit répondre à plusieurs critères [1]:

- Etre transparent afin de faciliter la surveillance des sécrétions bronchiques et la condensation des gaz expirés ;
- Avoir une surface interne et externe lisse et glissante, non mouillante, pour faciliter l'insertion de la sonde et limiter les frottements et l'adhésion des sécrétions ;
- Posséder une rigidité, une solidité et une thermolabilité suffisante (plus malléables entre 20 °c et 40 °c) pour empêcher plicature et compression et favoriser l'adaptation de la sonde à l'anatomie du patient [1]. Elles sont cependant susceptibles de se rigidifier chez les patients présentant d'importantes sécrétions, devenant parfois traumatiques [43].

Elles sont adaptées aussi bien à une IOT que nasotrachéale. La forme de la sonde est définie par les normes ASTM [165]. Le rayon de courbure est compris entre 12 cm et 16 cm. L'extrémité distale est composée d'un biseau dont les caractéristiques sont [1]:

- Angle aigu de  $38^{\circ} \pm 8$  avec l'axe longitudinal de la sonde ;
- Ouverture vers la gauche de la sonde permettant une meilleure visualisation du larynx lors de l'intubation ;
- Extrémité arrondie, sans aspérité ni angle aigu.

Certaines sondes ont un orifice supplémentaire situé sur l'extrémité distale appelé « œil de Murphy » pour permettre la ventilation en cas d'obstruction du biseau. Le marquage doit comporter [1]:

- Le diamètre interne de la sonde exprimé en millimètres (ID) ;
- Le diamètre externe pour les sondes de taille inférieure ou égale à 6 (OD) ;
- Les mentions orale ou nasale ou orale/nasale ;
- La distance par rapport à l'extrémité en centimètres ;
- La mention IT ou F.19 ou Z.19 qui indique que les tests de toxicité cellulaire ont été passés ;
- Un marqueur radio-opaque soit le long de la sonde, soit à l'extrémité distale.

Le ballonnet permet la ventilation en pression positive sans fuite et la protection de la trachée contre l'inhalation de liquide gastrique ou de sécrétions oropharyngées. Il permet de centrer la sonde dans la trachée. La distance maximale entre l'extrémité du tube et la partie proximale du ballonnet varie avec la taille de la sonde et est précisée par la norme ASTM [165]. Le bord du ballonnet ne doit pas empiéter sur l'œil de Murphy. Le ballonnet ne doit pas faire hernie devant l'extrémité de la sonde et doit se gonfler de façon symétrique [165]. La pression dans le ballonnet doit permettre d'assurer l'étanchéité de la sonde d'intubation et éviter une pression excessive sur la muqueuse trachéale. Il a été montré qu'une pression supérieure à 30 cmH<sub>2</sub>O avait des effets délétères sur la perfusion de la muqueuse et qu'une pression de 25 cmH<sub>2</sub>O était suffisante pour prévenir le risque d'inhalation. La pression dans le ballonnet doit être mesurée et monitorée, d'autant plus en cas d'utilisation du N<sub>2</sub>O qui diffuse dans le ballonnet [1].

Le choix de la sonde est guidé par le diamètre interne. C'est ce paramètre qui conditionne le débit maximal applicable en ventilation mécanique. Le diamètre externe de la sonde dépend à la fois du diamètre de la lumière et de l'épaisseur de la paroi qui varie en fonction des distributeurs. On trouve des diamètres de sonde, en fonction du fabricant, allant jusqu'à 9 mm (figure 24) [43]. Le praticien optera pour la sonde possédant le meilleur rapport entre le risque de traumatisme, la difficulté de passage du plan glottique (diamètre trop important) et celui d'augmentation des résistances et de fuites (diamètre trop petit). Les recommandations d'experts préconisent l'utilisation de sondes de diamètres de 7,5 mm pour les femmes et de 8,5 mm pour les hommes. Cependant, les diamètres de sondes les plus couramment utilisés en pratique quotidienne sont de 7 à 7,5 mm pour la femme et de 7,5 à 8 mm pour les hommes pour l'IOT. On préférera utiliser des sondes de 0,5 à 1 mm de moins pour une intubation

nasotrachéale [43]. La profondeur d'insertion de la sonde d'intubation recommandée chez l'adulte est de 21 cm chez la femme et de 23 cm chez l'homme (repère aux arcades dentaires) pour l'intubation orale. Pour l'intubation nasale, il faut rajouter 3 cm (repère à la narine) [1].

Il existe d'autres types de sondes spécifiques que sont les suivants :

**a. Sondes armées (figure 25A) :**

Elles présentent l'avantage de résister à la plicature et la courbure grâce à une armature métallique ou de nylon enroulée en spirale autour de la sonde. Cette armature augmente le diamètre externe de la sonde à taille égale. Elles peuvent être déformées de manière permanente par une morsure, ce qui peut générer une obstruction [1].

**b. Sondes préformées (figure 25B) :**

Elles sont utilisées en chirurgie céphalique. Leur but est d'éloigner la sonde et les raccords du circuit ventilatoire du champ opératoire selon les différentes courbures liées au type d'opération. La longueur de la sonde et la distance entre l'extrémité distale et la courbe est fonction de la taille. Le bon positionnement de la courbure dépend donc du choix de la taille [1].

**c. Sondes à double lumière (SDL) de Carlens® avec ergot (figure 26) ou de Robertshaw® sans ergot :**

Ces sondes sont constituées par l'accolement de deux canaux, l'un bronchique (code couleur bleue), incurvé au niveau distal, et l'autre trachéal (de couleur blanche), plus court. Chacun des canaux est muni d'un ballonnet d'étanchéité. Les sondes possèdent un mandrin facilitant leur passage dans la filière pharyngolaryngée jusqu'aux cordes vocales. Un raccord double spécifique et une pièce en « Y » permettent l'adaptation au respirateur. Elles sont fabriquées en PVC et sont à usage unique. Elles permettent notamment une aspiration bronchique bilatérale [166]. Il existe quatre sortes de SDL qu'on peut diviser en deux sous-catégories selon la présence ou non d'un ergot qui vient se positionner sur la carène. Les critères de choix vont prendre en compte le type de chirurgie pour préciser la décision d'un tube droit ou gauche, la taille du patient et les préférences locales le plus souvent pour ce qui est de l'ergot. En effet, il n'existe pas d'argument dans la littérature pour privilégier aujourd'hui l'un par rapport à l'autre [167]. Elles existent en plusieurs tailles de French : 28, 32, 35, 37, 39 et 41. Chez la plupart des hommes adultes, une SDL de 39 à 41 French s'adapte bien. Une SDL de 37 à 39 French convient à la plupart des femmes adultes. Une ligne radio-opaque peut être visible à l'extrémité de chaque lumière pour permettre un positionnement radiographique [25].

**d. Bloqueurs bronchiques :**

Bien qu'il existe un grand nombre de bloqueurs bronchiques, leur description est similaire. En effet, il s'agit d'une armature de forme variée (creuse ou pleine), indépendante ou non d'une sonde d'intubation simple lumière, dont l'extrémité (ou les extrémités) est équipée d'un ballonnet et dont le positionnement se fait à l'aide d'un fibroscope pour vérifier la bonne sélectivité du dispositif [166]. Le bloqueur d'Arndt est le plus utilisé et le plus ancien des bloqueurs libres. À l'extrémité proximale de la sonde monolumière, un raccord original fourni avec le bloqueur est ajouté. Ce raccord possède trois lumières à sa partie proximale : la première pour la ventilation, la deuxième pour l'introduction du bloqueur et la troisième pour l'introduction du fibroscope. Un lasso situé au niveau du ballonnet du bloqueur permet de le solidariser au fibroscope à l'extrémité distale du raccord. La mise en tension du lasso est commandée au niveau de l'extrémité proximale du tube du bloqueur. Le bloqueur et le fibroscope progressent dans les voies aériennes jusqu'à l'endroit souhaité par la lumière de la sonde après adaptation du raccord. Il est donc nécessaire de vérifier que la sonde d'intubation possède le diamètre adéquat pour permettre le passage du fibroscope accompagné du bloqueur et qu'il persiste un espace libre endoluminal pour permettre une ventilation minimale. Le ballonnet est gonflé pour permettre l'exclusion, le volume nécessaire au gonflement adéquat est déterminé sous contrôle fibroscopique. Le bloqueur bronchique est immobilisé après avoir vérifié que le ballonnet du bloqueur est assez avancé et qu'il ne fait pas hernie dans la trachée. Le fibroscope est retiré après avoir été désolidarisé du bloqueur par la distension du lasso. Pour accélérer l'affaissement du poumon, il faut dégonfler le ballonnet du bloqueur, arrêter de ventiler le patient, puis regonfler le ballonnet avant de reprendre la ventilation [168].

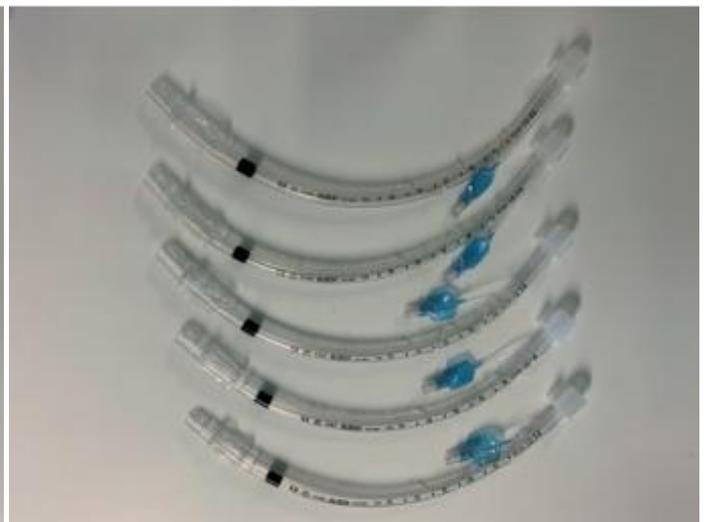


Figure 23. Matériel d'intubation de base [43].

Figure 24. Sondes d'intubation standard en PVC de différentes tailles [43].

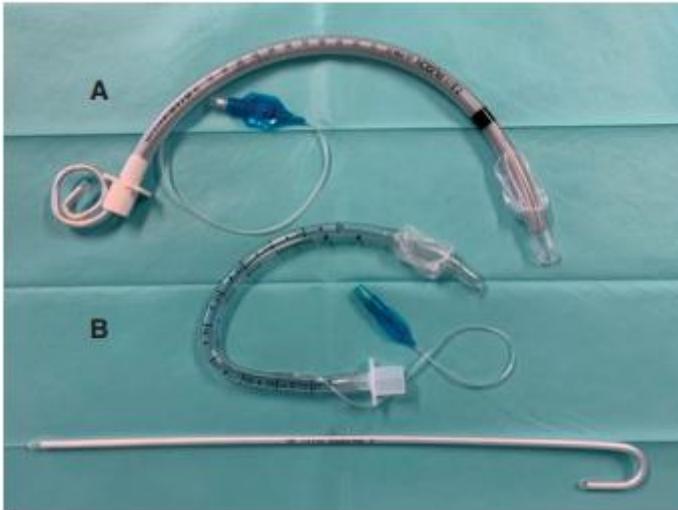


Figure 25. Sondes d'intubation : une sonde armée (A) et une sonde préformée (B) [43].



Figure 26. Sonde à double lumière de type Carlens Gauche de 35 French [43].

### 3.3.2. Laryngoscopes

Le développement de l'intubation trachéale par laryngoscopie directe représente sans doute l'une des étapes les plus cruciales de l'histoire de l'anesthésie moderne. Le contrôle et la protection des VAS procurés par l'intubation ont en effet permis de procéder à des chirurgies de plus en plus longues, complexes, et dans diverses positions, tout en minimisant les préoccupations liées à la ventilation inadéquate. Bien qu'elle puisse être utilisée pour procéder à l'intubation nasotrachéale, la laryngoscopie vise l'IOT dans la majorité des cas [4]. L'intubation par laryngoscope standard chez les patients anesthésiés est systématiquement choisie, sauf si des circonstances spécifiques ou les antécédents et l'examen physique du patient imposent une approche différente.

#### a. Laryngoscope standard

Le laryngoscope standard est composé d'un manche contenant les piles et la source de lumière (ampoule à filament ou fibre optique) et d'une lame amovible munie d'une fibre permettant d'acheminer le faisceau lumineux dans l'axe de la lame pour éclairer les VAS lors de l'introduction du dispositif jusqu'à l'épiglotte (Figure 27). Toutes les lames possèdent une « gouttière » permettant d'épouser le relief lingual et de refouler celle-ci sur la paroi gauche de la cavité oropharyngée en étant le moins traumatique possible [43].

Il existe différentes courbures de lames : des lames à courbure standard dite de Macintosh et des lames de Miller droites avec une légère inclinaison en bout de lame [43]. Les lames de Macintosh sont efficaces dans la majorité des cas [43], et ont les avantages suivants : moins de traumatisme dentaires, plus d'espace pour le passage de la sonde d'intubation, une bride

plus grande qui améliore la capacité de balayer la langue et moins de contusions de l'épiglotte parce que l'extrémité de la lame ne soulève pas directement cette structure (figure 28) [121]. Malgré tous ces avantages, les lames droites conservent un intérêt chez les patients avec une petite ouverture de bouche, une distance thyromentale courte ou lorsque la glotte est imposante et mal chargée par une lame courbe (en 2<sup>ème</sup> intention). Elles possèdent cependant une lumière moins importante limitant la place pour l'utilisation d'outils (pinces de Magill, instruments chirurgicaux) [43]. Les lames peuvent être à usage unique ou réutilisables. Les lames à usage unique, plus répandues, sont toutefois recyclables. Les lames sont numérotées en fonction de leur taille, dans un ordre croissant [43]. Les Macintosh de taille 3 et 4 sont les plus utilisées chez l'adulte et permettent de réaliser la majorité des intubations dans cette catégorie de la population (Figure 27) [121]. Lors de l'ISR, la difficulté d'intubation est plus fréquente avec une lame plastique qu'avec une lame métallique restérilisable [169]. Une autre étude a montré que l'utilisation d'une lame métallique à usage unique améliorerait la qualité de l'exposition glottique par rapport à une lame plastique [170]. La conférence d'experts de 2006 sur l'intubation difficile recommande l'utilisation d'une lame métallique en cas d'intubation en urgence ou de laryngoscopie prévue difficile [171].

Il existe plusieurs types de laryngoscopes destinés à répondre à des besoins particuliers. Certains possèdent un manche plus court, ce qui permet de les manipuler plus facilement dans les cas d'obésité morbide, particulièrement chez la parturiente. D'autres, comme le laryngoscope de McCoy, possèdent des lames articulées dont l'extrémité peut être relevée afin d'exercer un effet de levier plus prononcé au niveau de l'épiglotte (Figure 29). L'avènement de la vidéolaryngoscopie et de sa panoplie d'instruments offrant différents angles de vision a cependant contribué à rendre ces laryngoscopes moins pertinents [4].

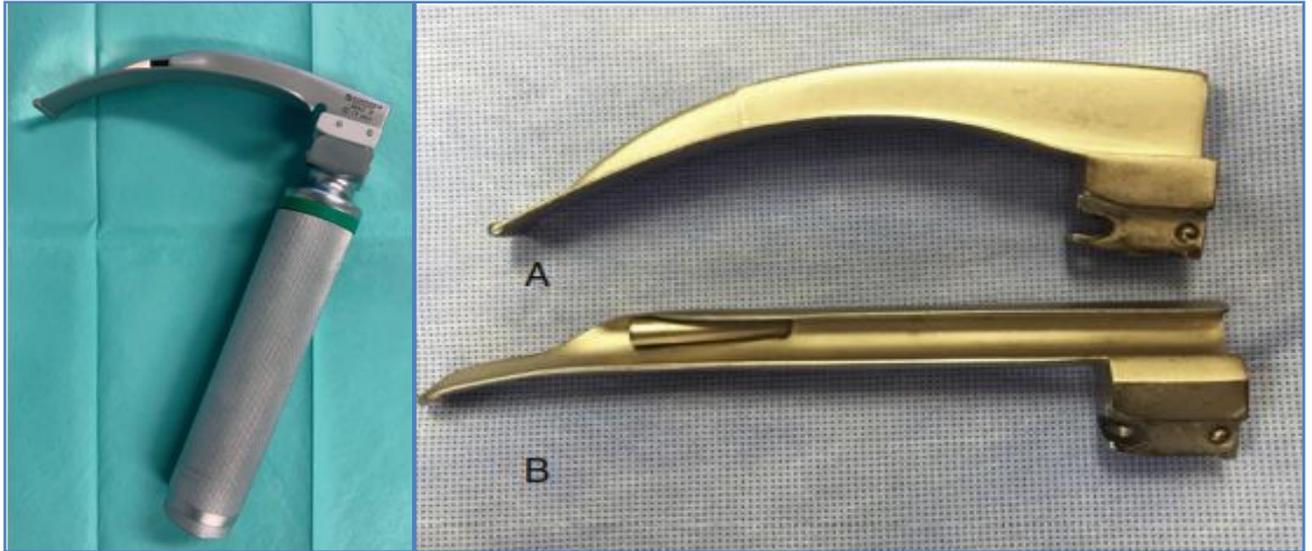


Figure 27. *A gauche* [43]: Laryngoscope Macintosh standard avec faisceau lumineux de type ampoule intégrée au manche et lame Macintosh 3. *A droite* [121]: Exemples de lames de laryngoscope type Macintosh (A) et Miller (B) amovibles qui peuvent être utilisées sur le même manche.

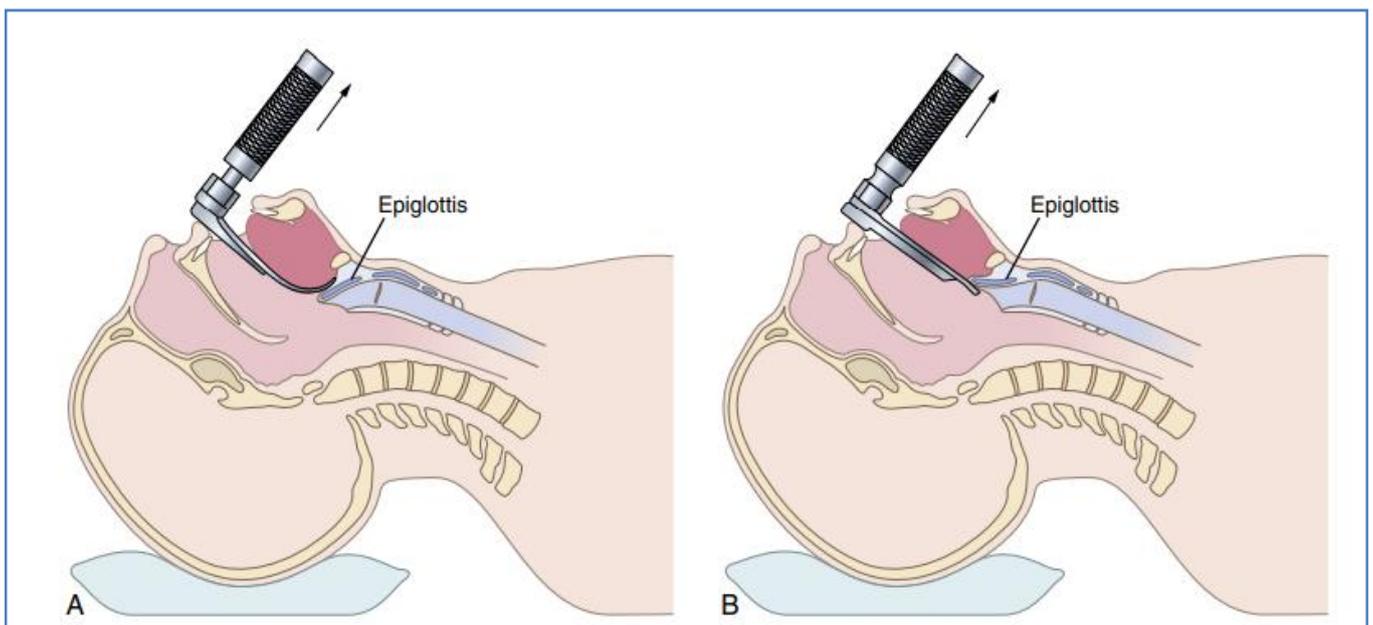


Figure 28. Schéma décrivant la position correcte de la lame du laryngoscope pour l'exposition glottique. (A) L'extrémité distale de la lame courbe de Macintosh est avancée dans l'espace entre la base de la langue et la surface pharyngée de l'épiglotte. (B) L'extrémité distale de la lame droite de Miller est avancée sous la surface laryngée de l'épiglotte. Quel que soit le modèle de lame, le mouvement vers l'avant et vers le haut exercé le long de l'axe du manche du laryngoscope, comme indiqué par les flèches, sert à élever l'épiglotte et à exposer l'ouverture glottique [121].

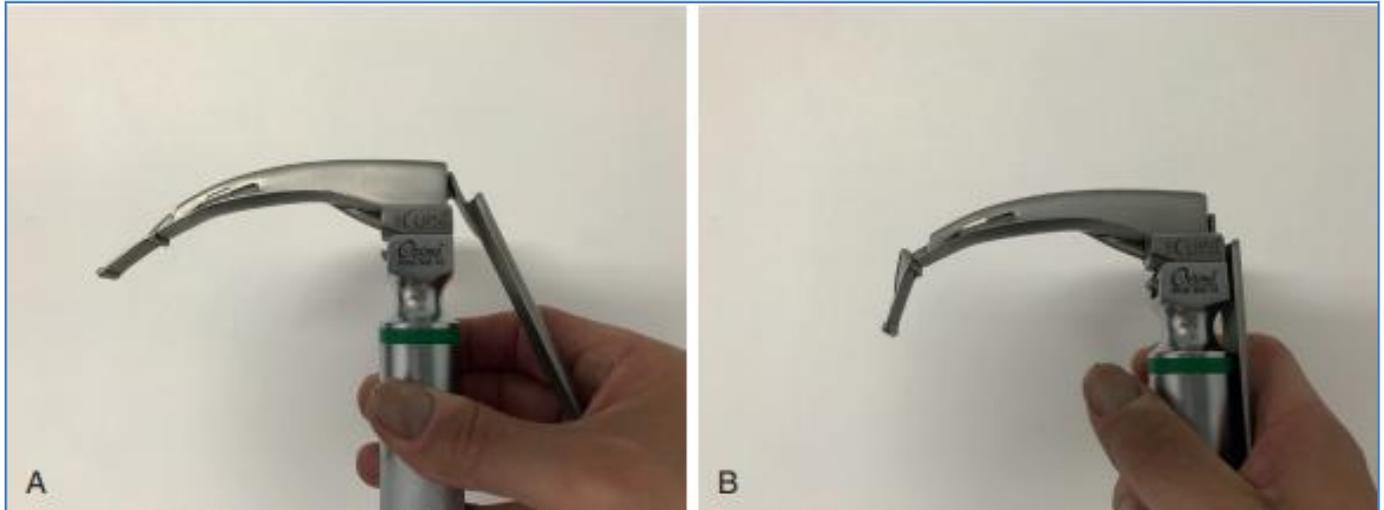


Figure 29. (A) Laryngoscope McCoy ; (B) flexion de la partie distale de la lame.

#### **b. Vidéo-laryngoscopes / Glottiscopes**

Bien que la laryngoscopie directe demeure la méthode d'intubation trachéale la plus utilisée par les anesthésistes, les appareils faisant appel à la vidéolaryngoscopie sont de plus en plus répandus et sont souvent utilisés d'emblée dans les cas susceptibles de présenter des difficultés [4]. Les vidéo-laryngoscopes (VL) sont apparus sur le marché au début des années 2000. Parmi les premiers VL disponibles, on retrouvait en réalité des lames de type Macintosh auxquelles a été intégrée une fibre optique. Ces VL ont des performances comparables aux laryngoscopes conventionnels. Les VL de dernière génération représentés par le Mac-Grath®, Glidescope® et l'Airtrach® et AirwayScope® apportent un véritable bénéfice en termes d'exposition des VAS [43].

La littérature concernant ces dispositifs s'est considérablement enrichie ces dernières années, de même que leur utilisation en pratique courante, permettant de souligner leurs nombreux avantages à savoir une courbe d'apprentissage très rapide, une diminution de la durée d'intubation, une diminution de mobilisation du rachis cervical, du risque d'inhalation et une meilleure ergonomie [43].

Les VL ou glottiscopes permettent de visualiser la glotte sans nécessité de « traction » de la filière vers le haut. Le fait que l'alignement des espaces oral et pharyngo-laryngé ne soit pas nécessaire tient à la forme et à la courbure adaptée des VL et permet de limiter les contraintes imposées au rachis cervical [43]. Ils sont classés en deux groupes :

**Groupe 1** : les VL avec lames non canalisés (Mac-Grath®, Glidescope® et C-MAC) pouvant être de type Miller, de type Macintosh ou à angle plus accentué, avec un écran intégré pour le premier ou déporté pour les deux autres. Ces lames sont insérées en utilisant les techniques

standard de laryngoscopie directe avec ou sans mandrin dans la sonde d'intubation. La vue obtenue en regardant le moniteur offre généralement une vue légèrement améliorée par rapport à celle obtenue en regardant directement dans la bouche du patient, car la caméra est située plus distalement et offre un champ visuel plus large [172]. L'avantage de ces lames est la familiarité de l'utilisateur avec le type de lame et un affichage qui peut être utilisé à des fins pédagogiques [172]. Pour les lames angulées, elles permettent une vue plus orientée vers l'avant qui peut être obtenue avec une flexion ou une extension minimale de la tête et du cou du patient [173]. L'extrémité de la lame du laryngoscope peut être placée dans la valvule ou être utilisée pour soulever directement l'épiglotte. Elles nécessitent généralement un stylet préformé qui s'adapte à la courbure de la lame et sont généralement insérées au milieu de la bouche, contrairement aux lames de type Macintosh. Une sonde endotrachéale munie d'un stylet préformé est avancée par visualisation directe dans le pharynx jusqu'à ce qu'elle soit visible sur le moniteur, après quoi la sonde est avancée dans la trachée près de la lame, en fonction de l'image sur l'écran de surveillance [174].

**Groupe 2** : Les dispositifs canalisés comprennent l'Airtraq et le vidéolaryngoscope King Vision qui sont dotés d'un canal de guidage qui dirige une sonde trachéale vers l'ouverture glottique à l'aide de lames plus angulaires que les lames Macintosh traditionnelles [172]. La sonde trachéale est préchargée dans le canal de guidage et le vidéolaryngoscope est inséré dans la bouche jusqu'à ce que l'épiglotte soit visible. La lame est avancée dans la valvule ou l'épiglotte peut être directement soulevée par l'extrémité de la lame jusqu'à ce que les cordes vocales soient visualisées. La glotte doit être alignée de manière optimale sur l'écran pour réussir l'intubation par le canal. Les lames canalisées ont tendance à être plus épaisses que les lames non canalisées, ce qui nécessite une plus grande distance inter-incisive [121].

Ces techniques peuvent être entravées si les sécrétions des VAS obscurcissent l'optique. Les VL peuvent également être utilisés sur des patients éveillés avec une application topique d'anesthésique local sur les VAS et sont aussi faciles à réaliser avec un inconfort comparable pour le patient que l'intubation par fibre optique [175].

Depuis 2006, les VL sont intégrés aux algorithmes d'ID dans deux situations :

- Chez le patient possédant deux critères ou plus d'IOT difficile, dont la ventilation au masque est présumée possible et programmé pour une chirurgie réglée, les VL améliorent la vision de la glotte, le score d'IOT difficile et le taux de succès d'IOT à la première tentative [176, 177] ;
- En seconde intention en cas d'IOT difficile non prévue chez le patient avec grade de

Cormack et Lehane  $\geq 3$  lorsque la ventilation au masque est possible. Dans cette situation, les VL réduisent l'incidence de scores de Cormack et Lehane III et IV et augmente le taux de succès [178, 179].

Les experts s'accordent cependant sur trois situations où il ne faut pas utiliser le VL :

- Ouverture de bouche du patient inférieure à 2,5 cm ;
- Rachis cervical fixé en flexion ;
- Présence d'une tumeur du carrefour aérodigestif supérieur avec stridor associé.

Du fait de la taille plus importante de certains de ces dispositifs par rapport au laryngoscope standard, il convient de s'assurer de la possibilité d'introduction dans la bouche du matériel considéré avant de débiter la sédation du patient [43].

Les VL les plus répandus sont détaillés comme suit :

### **Le GlideScope (figure 30)**

Le GlideScope comporte deux principaux types de lames : une lame de type angulaire et une lame de type Macintosh. La lame angulée est de forme anatomique avec un angle fixe (60 degrés) et doit être utilisée avec le stylet rigide *GlideRite* car ce stylet correspond à la forme de la lame. Les lames sont équipées d'une caméra vidéo antibuée intégrée dans la surface inférieure qui transmet l'image numérique à un moniteur couleur haute résolution qui peut être monté sur une perche. Un dispositif portable (*Ranger*) est également disponible. Il existe une variété de tailles pédiatriques et adultes différentes en lames réutilisables et à usage unique [121].

Le GlideScope est associé à une meilleure visualisation de la glotte, en particulier chez les patients dont la gestion des VAS risque d'être difficile [180]. Une étude a montré que le taux de réussite global avec le GlideScope était de 96 % chez les patients dont la gestion des VAS risquait d'être difficile et de 94 % lorsqu'il était utilisé comme dispositif de secours en cas d'échec de la laryngoscopie directe [174]. Les facteurs prédictifs qui ont été associés à une utilisation difficile du GlideScope comprennent une anatomie anormale du cou, une vue de grade 3 ou 4 de Cormack et Lehane lors de la laryngoscopie directe, une protrusion mandibulaire limitée et une mobilité limitée de la colonne cervicale [118, 174].

Certains auteurs préconisent l'utilisation routinière du Glidescope™ lors de l'intubation nasotrachéale. Il est suggéré qu'en raison de la faible traction nécessaire pour obtenir une vue adéquate, il est plus facile d'aligner l'extrémité de la sonde et l'orifice glottique sans l'apport d'une pince de Magill. Son emploi peut aussi faciliter l'insertion des sondes à double lumière. Il est aussi plus aisé à utiliser que le laryngoscope conventionnel chez le patient éveillé [4].

### **Le vidéo-laryngoscope C-MAC (Figure 31)**

Le C-MAC est doté d'une lame en acier inoxydable avec une caméra située à l'extrémité distale de la lame qui s'affiche sur un moniteur haute résolution. L'interface entre la lame du laryngoscope et le moniteur permet d'interchanger facilement les différentes lames. Les lames réutilisables sont disponibles en plusieurs tailles et types, notamment Miller (tailles 0 et 1), Macintosh (tailles 2, 3 et 4) et une lame D angulée (pédiatrique et adulte) pour les intubations difficiles. La lame D et les lames Macintosh de tailles 3 et 4 disposent d'un guide latéral pour un cathéter d'oxygène ou d'aspiration. Le C-MAC est également disponible à usage unique en lame D et en lame Macintosh 3 ou 4. Dans les situations d'intubations difficiles, l'utilisation de la lame D améliore la vue glottique et présente des taux de réussite d'intubation similaires à ceux du GlideScope par rapport à la laryngoscopie directe [140, 181].

### **Le vidéo-laryngoscope McGrath (Figure 31)**

C'est un appareil portable composé d'une lame en polycarbonate à usage unique, réglable de type Macintosh ou angulée (lame série 5 ou X). Les lames sont fixées à une poignée à piles montée avec un écran couleur qui peut tourner et pivoter pour optimiser l'angle de visualisation. Il existe en tailles pédiatrique et adulte [121].

### **Le laryngoscope Airtraq (figure 32A)**

L'Airtraq est un dispositif optique à usage unique qui crée une image par le biais de prismes et de miroirs pour donner une vue angulaire agrandie de la glotte. Le dispositif comporte deux canaux, l'un pour visualiser et l'autre pour guider, soutenir et diriger la sonde d'intubation vers l'ouverture glottique [140]. Les images sont affichées sur un écran ajusté par une caméra. Il existe deux modèles, l'Avant avec des optiques réutilisables et le modèle SP entièrement à usage unique. Le modèle SP existe en plusieurs tailles pour les nourrissons, la population pédiatrique, les intubations nasotrachéales et les sondes à double lumière [121].

À l'image de la plupart des VL, la rapidité d'apprentissage de l'Airtraq™ semble se comparer avantageusement à la laryngoscopie directe et son utilisation dans une kyrielle de situations difficiles est rapportée. Les malades dont l'ouverture buccale est limitée ou qui présentent des problèmes intéressant la colonne cervicale, peuvent souvent être pris en charge avec cet appareil [4].

### **Vidéolaryngoscope airway scope Pentax AWS-100™**

Comme VL McGrath™, le Pentax AWS100™ possède un écran monté au même manche de l'appareil, ce qui permet de le déplacer facilement (Figure 32C). Le Pentax AWS-100™ est muni de deux conduits placés côte à côte. L'un abrite un fibroscope flexible chargé de relayer

l'image vers l'écran. L'autre permet d'introduire la sonde trachéale qui est ainsi dirigée vers l'orifice glottique. Malgré une forme différente de celle des VL précédemment mentionnés, la maîtrise de l'intubation via le Pentax AWS-100™ s'acquiert facilement et, tout comme le Glidescope™, son utilisation a été préconisée et étudiée dans une variété de situations où la laryngoscopie directe s'avère difficile, particulièrement celles concernant des anomalies de la colonne cervicale [4].

### Le vidéolaryngoscope King Vision

Le vidéolaryngoscope King Vision est entièrement portable, avec un écran numérique réutilisable et des lames canalisées ou non canalisées à usage unique (Figure 32B) [121].



Figure 30. Le vidéolaryngoscope GlideScope avec lames en titane [25].



Figure 31. **A gauche** : Vidéolaryngoscope C-MAC [25]. **A droite** : Vidéolaryngoscope de type Mac Grath® nu sans sa lame [43].



Figure 32. vidéo-laryngoscopes : (A) Airtraq [182] (B) King Vision [183] (C) airway scope Pentax AWS-100™ [4].

### 3.3.3. Mandrins d'intubation /Stylets lumineux et optiques

#### a. Mandrins et introducteurs d'intubation

Il existe des outils simples et très répandus qui facilitent l'insertion de la sonde d'intubation dans les cas difficiles. Parmi ces instruments, le stylet malléable et la bougie d'Eschmann sont les plus utilisés [4].

#### *Guide d'Eschmann*

La guide d'Eschmann (GE) (Fig. 33A) est relativement long (60 cm), ce qui permet de le placer entre les cordes vocales avant de faire avancer la sonde d'intubation sur son extrémité distale. Il a une pointe angulaire à 40°. Il est malléable, assez rigide pour être dirigé, mais assez flexible pour se déformer au contact. De plus, il s'agit d'un dispositif à usage multiple qui peut être stérilisé entre deux utilisations [25].

Bien qu'un GE puisse être utilisé pour diriger la sonde vers un larynx " antérieur " ou étroit, sa véritable force réside dans le fait qu'il facilite l'intubation en cas d'un grade 3 ou 4 de Cormack et Lehane. En cas d'un Cormack 3, l'embout coudé peut être accroché sous l'épiglotte, puis le GE est avancé à l'aveugle à travers la glotte. La réussite est améliorée si le guide a été préformé en courbe [184]. Lorsque l'introducteur est avancé plus loin, les "clics" trachéaux sont ressentis dans environ 90 % des cas si le GE est correctement placé [185]. La perception d'une légère déviation du guide vers la droite lorsqu'il est avancé dans la bronche souche droite est un autre indice permettant de confirmer le placement trachéal du guide [25]. Après la mise en place dans la trachée, la sonde d'intubation est avancée sur le GE. Un soulèvement de la mâchoire, ou une poussée de la mâchoire, par la main non dominante du clinicien ou par un laryngoscope, facilitera l'avancement de la sonde sur le guide en élevant la

langue et l'épiglotte. Après l'intubation, la position de la sonde est confirmée à l'aide de méthodes conventionnelles, telles que la capnographie et l'auscultation [25]. Le GE est suffisamment long pour faciliter les intubations nasales [186] et peut également être utilisé pour placer des masques laryngés ou des SDL. Sa longueur permet, également, de l'utiliser comme dispositif d'échange des sondes d'intubations ou des masques laryngés [25].

De nombreux autres guides d'intubation de différentes tailles, formes, longueurs ont été développés : le stylet *Muallem* (Fig. 33B), l'introducteur *SunMed* (Fig. 33E), l'introducteur *Frova* (Fig. 33C) et la canule interne rigide amovible (Fig. 33D) conçue pour augmenter la rigidité du *Frova*. Tous les modèles ont une fonction similaire à celle du GE, mais beaucoup ont des caractéristiques supplémentaires. Certains sont à usage unique (*Frova* et *SunMed*). Il est conseillé d'examiner attentivement les monographies des produits pour utiliser une sonde d'intubation de taille correcte avec des guides d'intubation [25].

### ***Stylets malléables***

Les stylets pour sonde d'intubation sont des tiges métalliques recouvertes de plastique qui peuvent être placées à l'intérieur d'une sonde avant l'intubation pour la rigidifier et/ou la préformer. Contrairement au GE et aux autres introducteurs, le stylet ne doit pas dépasser l'extrémité de la sonde pour éviter tout traumatisme des VAS. Il faut utiliser un lubrifiant à base d'eau et démontrer que le stylet peut facilement entrer et sortir de la sonde avant de l'utiliser. La meilleure forme de stylet dépend de la préférence du clinicien, de la position et de l'anatomie du patient, ainsi que du type de laryngoscope utilisé. Cependant, Levitan a montré que la ligne de vue vers le larynx peut être améliorée si le stylet reste droit jusqu'au manchon [187], ce qui permet de courber la sonde d'intubation selon l'angle souhaité comme un "bâton de hockey" (figure 34). Un angle de 35 degrés ou moins réduit le risque de traumatisme [187]. Une fois la sonde traverse les cordes vocales, le stylet doit être retiré au fur et à mesure que la sonde avance dans la trachée.

Dans un essai randomisé, Gataure et ses collègues ont comparé l'efficacité du GE par rapport au stylet malléable chez 100 patients anesthésiés présentant une laryngoscopie directe difficile (vue grade 3 de Cormack). Le taux de réussite du GE était de 96 % après deux tentatives, contre 66 % dans le groupe du stylet [188].

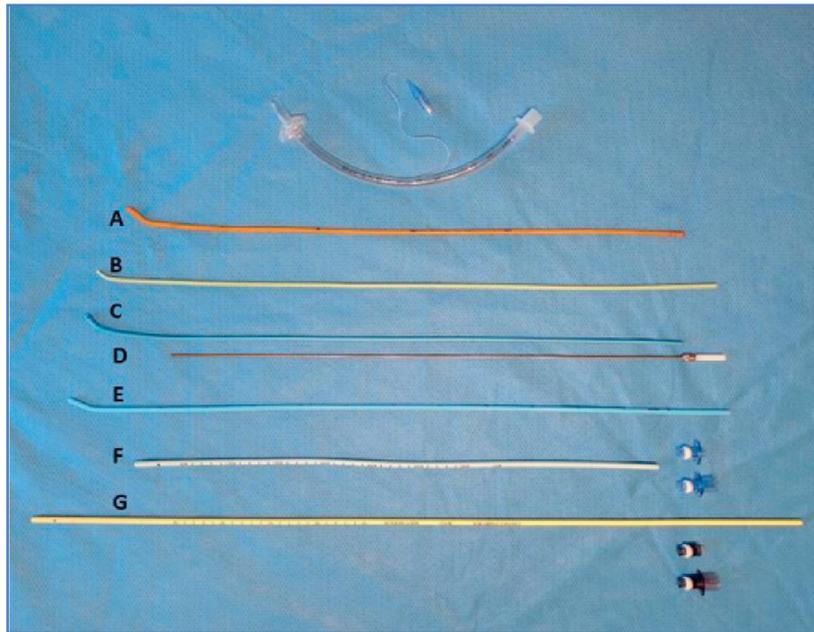


Figure 33. Introduceurs trachéaux. (A) Le guide Eschmann ; (B) le stylet trachéal Muallem ; (C) l'introducteur d'intubation Frova ; (D) la canule interne rigide de l'introducteur Frova ; (E) l'introducteur SunMed ; (F) le cathéter Cook Aintree ; (G) le cathéter Cook Airway Exchange [25].



Figure 34. Une sonde endotrachéale munie d'un stylet. Le stylet reste "droit à la manchette" et la sonde peut alors être courbée à l'angle souhaité [25].

### **b. Stylets lumineux**

Les stylets lumineux utilisent le principe de transillumination des tissus mous de la partie antérieure du cou pour guider l'extrémité de la sonde d'intubation dans la trachée. Lorsque l'extrémité de la sonde avec le stylet lumineux pénètre dans l'ouverture glottique, une lueur circonscrite bien définie peut-être facilement observée légèrement sous la proéminence thyroïdienne (Fig. 35A). Cependant, si l'extrémité de la sonde se trouve dans l'œsophage, la

lueur transmise est diffuse et ne peut pas être détectée facilement dans des conditions d'éclairage ambiantes (Fig. 35B). Si l'extrémité de la sonde est placée dans la valvule, la lueur transmise est diffuse et apparaît légèrement au-dessus de la proéminence thyroïdienne. Grâce à ces repères et principes, le praticien peut guider l'extrémité de la sonde facilement et en toute sécurité dans la trachée sans utiliser de laryngoscope [25].

Bien qu'il existe différents modèles de stylets lumineux, le **Trachlight®** est le plus populaire et le mieux étudié (figure 36). Ce stylet contient un fil métallique qui peut être retiré au besoin, privant ainsi le Trachlight™ de toute rigidité. Il peut alors être utilisé par voie nasotrachéale ou simplement comme indicateur de la progression de la sonde lorsque l'intubation est effectuée au travers d'un DSG type masque laryngé [4]. Il a été validé par plusieurs études prospectives chez les patients ayant des critères d'ID ou ayant présenté une laryngoscopie difficile, le taux de succès est proche de 100 % [189]. De nombreux cas cliniques rapportent le succès d'une intubation réalisée avec le Trachlight® après échec d'autres dispositifs. Cependant, la facilité d'apprentissage de cette technique est débattue [169] et plusieurs limites à son utilisation ont été rapportées, notamment chez l'obèse, et chaque fois que la luminosité extérieure gêne le repérage en interférant avec l'intensité de la transillumination [169]. De plus, le Trachlight® est une technique à l'aveugle qui ne permet pas l'oxygénation du patient. Même si le Trachlight™ demeure disponible dans plusieurs unités de soins, le fabricant a cessé la production en 2010 [4].

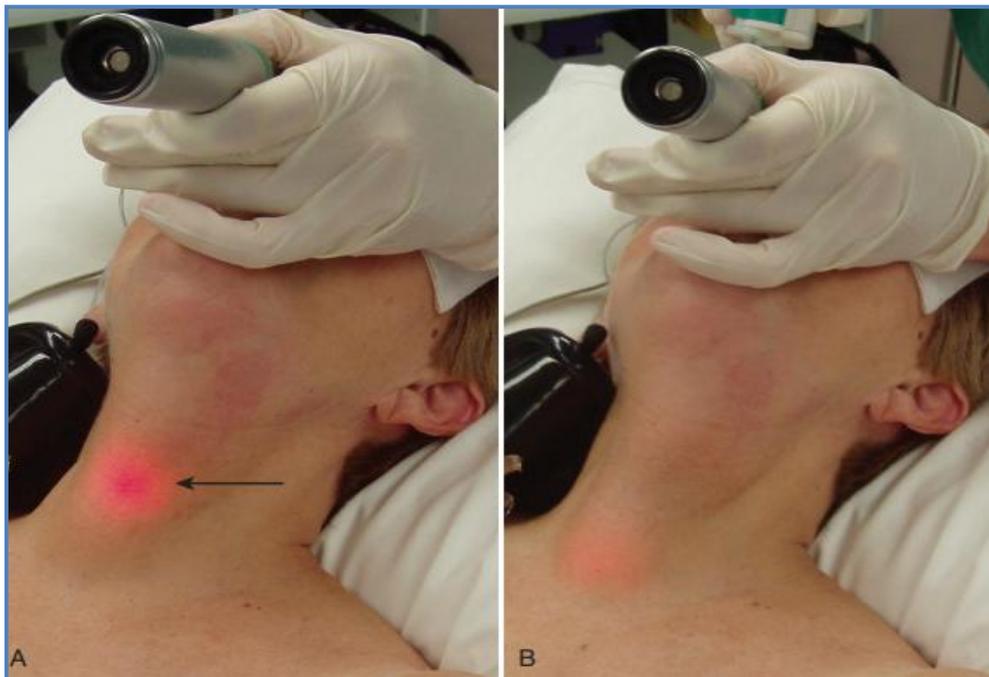


Figure 35. Sous laryngoscopie directe A) L'extrémité de la sonde d'intubation avec le stylet lumineux est placée à l'ouverture glottique. (B) L'extrémité de la sonde dans l'œsophage [25].

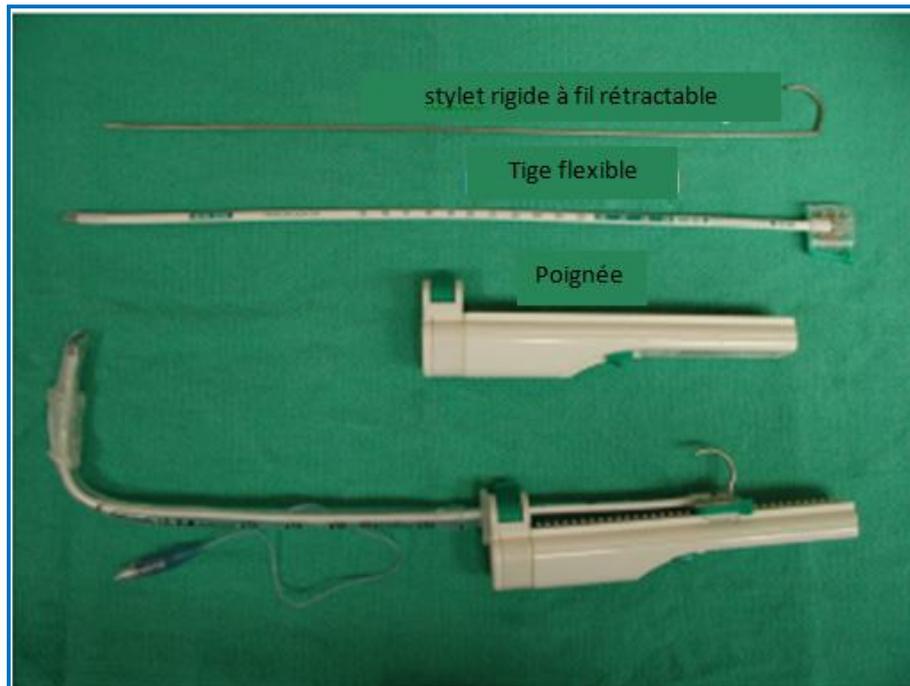


Figure 36. Le Trachlight se compose de trois parties : une poignée, une tige flexible et un stylet à fil rigide rétractable. Le stylet lumineux étant placé à l'intérieur du tube endotrachéal, l'unité tube endotrachéal-stylet lumineux est pliée à un angle de  $90^\circ$  juste à proximité de la manchette du tube, en forme de "crosse de hockey"[25].

### c. Stylets optiques

Les stylets optiques sont des stylets métalliques qui, lorsqu'ils sont insérés dans une sonde d'intubation, permettent au clinicien de visualiser l'avancement de l'extrémité de la sonde via un oculaire ou un moniteur vidéo. La plupart des stylets optiques utilisent des faisceaux de fibres optiques, à l'exception du Clarus Video System (CVS) (figure 37), qui utilise la technologie des puces vidéo. De nombreux stylets optiques dont le diamètre externe, l'angulation, la résolution de l'image, la source d'éclairage, les capacités d'affichage et la flexibilité varient ont été introduits [190]. Il est utile de classer ces dispositifs en stylets optiques non malléables (rigides) ou malléables (semi-rigides).

Le stylet de type Bonfils™ est le plus connu et celui ayant fait l'objet du plus d'études (figure 38). C'est le seul stylet optique non malléable. Il est constitué d'une longue tige droite rigide à l'extrémité légèrement courbée et sur laquelle on glisse la sonde d'intubation. C'est l'image relayée par un système d'optique qui guide l'opérateur. L'apprentissage de l'intubation avec le stylet Bonfils™ s'avère plus complexe que celui de la vidéolaryngoscopie pour la majorité des novices ou des anesthésistes rompus aux nuances de la laryngoscopie traditionnelle. Ses adeptes soulignent cependant qu'entre des mains expérimentées, il peut être

utile dans de nombreuses situations d'intubation difficile. L'approche suggérée, qualifiée de rétromolaire, vise à diriger le Bonfils™ vers l'orifice glottique en repoussant délicatement, mais fermement, les tissus mous susceptibles d'entraver sa progression. La rigidité du stylet permet en effet de soulever l'épiglotte si besoin. L'ouverture buccale essentielle à l'utilisation du Bonfils™ est généralement moindre que celle nécessaire pour la laryngoscopie directe [4]. Les avantages potentiels des stylets optiques comprennent la portabilité, un coût potentiellement inférieur à celui des endoscopes flexibles, et la possibilité d'être utilisés seuls ou en association avec d'autres dispositifs pour les VAS. Tous les dispositifs doivent être désinfectés conformément aux directives du fabricant et sont généralement moins susceptibles d'être endommagés que les endoscopes flexibles [25].



Figure 37. Stylet type Clarus Video System [25].



Figure 38. Stylet d'intubation type Bonfils [109].

### 3.4. Techniques d'intubation

Un plateau d'intubation doit au minimum comporter les éléments suivants [43]:

- Une sonde d'aspiration forte (-80 à -200 cm H<sub>2</sub>O) fonctionnelle et rapidement accessible si nécessité (placée à portée directe de la main de l'opérateur ne servant pas au maintien du manche du laryngoscope) ;
- Le matériel de ventilation manuelle (masque et ballon type AMBU© relié à une source d'oxygène à haut débit) ;
- Un laryngoscope type Macintosh équipé d'une lame métallique, fonctionnel ;
- Une sonde d'intubation de taille adaptée au patient ;
- Une seringue de 10 ml pour gonfler le ballonnet ;
- Une canule de Guedel de taille adaptée ;
- Un rouleau de sparadrap ou un cordon de fixation de sonde ;
- Un manomètre permettant de vérifier la pression du ballonnet de sonde (figure 39) ;
- Un stéthoscope pour contrôler la ventilation bi-pulmonaire (ou uni-pulmonaire en cas d'intubation voulue sélective) ;
- Un module de capnographie ;
- Un raccord annelé ;
- Un ventilateur fonctionnel dont les paramètres sont pré-réglés et adaptés au patient considéré ;
- Un plateau de médicaments d'induction puis d'entretien de l'anesthésie ;
- Un mandrin long béquillé semi-rigide de type Eschmann à portée de l'opérateur ;
- Une pince de Magill (figure 40) ;
- Un chariot d'intubation difficile disponible immédiatement en cas de besoin ;
- Un masque et des lunettes ou un masque avec visière intégrée pour habiller l'opérateur et un masque et une paire de gants pour chaque aide-opérateur.



Figure 39. Manomètre utilisé pour le gonflage manuel et le monitoring de la pression du ballonnet de la sonde d'intubation [43].



Figure 40. Pince de Magill [43].

### a. Intubation orotrachéale (figure 41)

Le patient est installé en décubitus dorsal, tête en hyperextension selon la position amendée de Jackson décrite par l'auteur du même nom, favorisant ainsi l'alignement de la filière oro-pharyngo-laryngée. La lame du laryngoscope est introduite délicatement de la main gauche en prenant soin d'écarter les lèvres de la main droite. Le protège-dents peut être utilisé avant cette manœuvre en cas de mauvais état bucco-dentaire ou de luxation notée lors de l'examen anesthésique préalable. L'opérateur fait progresser sa lame lentement en maintenant la langue réclinée avec une légère traction orthogonale au plan de progression. Une fois la glotte visualisée, l'opérateur charge l'épiglotte en bout de lame (repli glosso-épiglottique), ce qui a pour effet d'ascensionner sa pointe vers le haut et d'optimiser l'exposition du plan glottique. On exerce alors une légère traction supplémentaire dans l'axe du manche de laryngoscope et uniquement dans cet axe afin d'éviter une pression sur l'articulé dentaire. La sonde d'intubation est insérée de côté dans la cavité buccale, par la droite, puis placée dans l'axe de la filière jusqu'au plan glottique. L'extrémité de sonde est poussée dans le larynx jusqu'à disparition du repère matérialisé par un trait noir afin d'éviter une intubation traumatique et/ou sélective. Le ballonnet est gonflé à 30 cmH<sub>2</sub>O au manomètre et la lame est retirée ensuite avec précaution. L'opérateur ou son aide vérifie alors la bonne position de sonde en surveillant l'apparition de la courbe de capnographie ainsi que la symétrie du murmure vésiculaire à l'aide d'un stéthoscope tout en maintenant la sonde solidaire de la commissure labiale avec la main libre. La sonde est ensuite fixée à l'aide de sparadrap ou d'un cordon dédié [43].

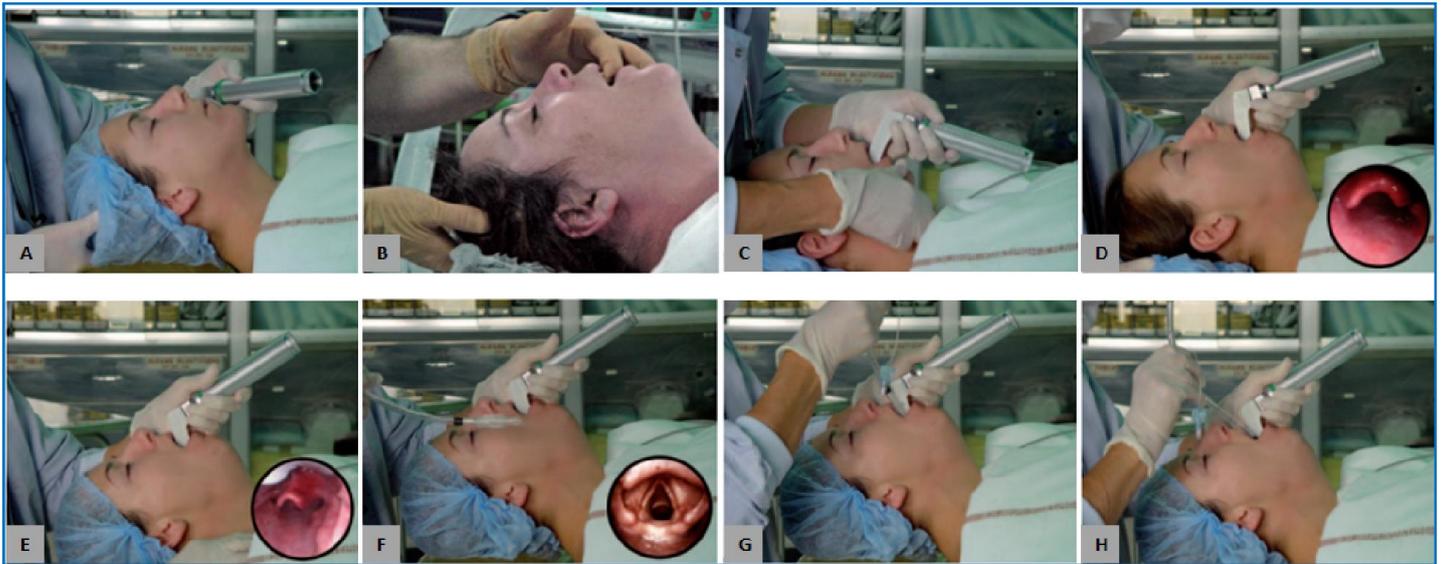


Figure 41. Les différentes étapes d'une intubation orotrachéale par laryngoscopie directe [1].

#### b. Intubation nasotrachéale

Le choix de la narine s'effectue après avoir demandé au patient celle qui selon lui offre le moins de résistance à l'inspiration après avoir obstrué successivement l'une et l'autre narine. La fosse nasale doit être préparée avec de la lidocaïne à 2 % adrénalinée ou la mise en place de mèches nasales imbibées de lidocaïne 5 % naphazolinée pour rétracter les cornets et diminuer le risque de saignement. La tête du patient est mise en position neutre. La sonde est introduite dans un plan perpendiculaire à celui de la face. Pour éviter le traumatisme des cornets, le biseau de la sonde doit être tourné en dehors et la pointe suit la cloison nasale. La narine gauche est préférée chaque fois que cela est possible car la sonde est introduite avec sa concavité vers le bas, la pointe évitant les cornets. Si la narine droite est utilisée, la sonde doit être introduite concavité vers le haut puis, une fois dans le cavum, tournée de 180° pour remettre la sonde concavité vers le bas. La résistance à la progression diminue quand elle pénètre dans le nasopharynx. Si la progression est arrêtée, la sonde doit être légèrement retirée, la tête est mise en extension et la sonde est à nouveau poussée vers le pharynx. Toute tentative de passage en force peut s'accompagner d'un traumatisme de la paroi postérieure et d'une fausse route rétropharyngée. Quand la sonde d'intubation est dans l'oropharynx, la tête est positionnée pour l'introduction du laryngoscope et la laryngoscopie est réalisée comme pour une intubation orotrachéale, la sonde peut à ce moment être visualisée. Si son extrémité est alignée avec l'ouverture glottique, elle est poussée vers le larynx au moyen ou non d'une pince de Magill (figure 40), la préhension se faisant au-dessus du ballonnet. La pince doit être

perpendiculaire à l'axe de la sonde et elle doit la maintenir dans la direction du larynx sans la tracter. Si la sonde se dirige vers la commissure antérieure, une rotation de 90° sur son axe dans le sens des aiguilles d'une montre ou une flexion de la tête facilite le passage. L'appui sur le cartilage thyroïde aide le passage sous-glottique [1].

### c. Intubation sélective

L'intubation sélective est le plus souvent utilisée en chirurgie thoracique. Grâce aux nouvelles sondes à double lumière (SDL), aux bloqueurs bronchiques et à l'amélioration de la technologie des fibres optiques, l'intubation sélective et la ventilation uni-pulmonaire sont plus faciles à réaliser et plus sécurisées [25].

Les SDL sont placées de la même manière que les sondes standards, mais avec quelques manœuvres et considérations supplémentaires. Les SDL ont un diamètre plus grand et sont plus longs, ce qui les rend plus difficiles à placer. Ne forcez jamais la mise en place d'une SDL. L'utilisation d'un vidéolaryngoscope a également été décrite comme efficace et permettant de gagner du temps [191]. L'extrémité bronchique de la SDL est placée à travers les cordes vocales, puis le mandrin est retiré pour éviter tout traumatisme. Une fois que la partie bronchique a passé les cordes vocales, la SDL doit être tournée de 90 degrés vers le côté sélectionné de la lumière bronchique pour se placer correctement. Si une résistance est rencontrée lors de la rotation ou de l'avancement de la sonde, l'utilisation d'une sonde plus petite doit être envisagée. La profondeur moyenne d'insertion est de 29 cm pour un individu de 170 cm. Pour chaque augmentation ou diminution de 10 cm de la taille, la profondeur du tube augmente ou diminue de 1 cm, respectivement [192]. Lorsque la profondeur de la sonde est atteinte, le ballonnet trachéal est gonflé et le patient est branché au ventilateur. Il faut veiller à ne pas déchirer ou perforer le ballonnet trachéal pendant l'intubation [25].

Le contrôle du bon positionnement de la sonde (figure 42) doit être réalisé immédiatement après l'intubation et après chaque changement de la position du patient. Le contrôle fibroscopique est recommandé lors de la mise en place d'une sonde à double-lumière [193-195]. Ce contrôle visuel direct est justifié par le risque de malposition de la sonde [194] qui peut atteindre 80 % des cas sans fibroscopie [196]. Pour cela, il est nécessaire de disposer de fibroscopes de diamètres adaptés à la taille des SDL [197]. En pratique, le fibroscope est introduit par le canal trachéal tout d'abord. Il permet de reconnaître la carène et, le cas échéant, de vérifier le bon positionnement de l'ergot sur la carène. Le ballonnet bronchique doit être visible jusqu'à l'origine de la bronche. Il ne doit pas déborder sur la carène (risque d'obstruction de la bronche souche controlatérale). Ce débord témoigne le plus souvent d'une

insertion qui n'est pas assez profonde. Le ballonnet bronchique ne doit pas non plus se situer trop en aval (risque d'obstruction de la bronche lobaire supérieure). Si tel est le cas, un retrait partiel de la sonde est effectué sous contrôle fibroscopique jusqu'à l'effleurement de la carène. Dans le cas d'une intubation avec sonde gauche (cas le plus fréquent), le fibroscope permet d'identifier le bon positionnement par la visualisation de la bronche lobaire supérieure droite et de ses divisions. Le fibroscope est ensuite introduit dans le canal bronchique. Dans le cas d'une intubation avec sonde gauche, la division entre bronche lobaire supérieure et inférieure gauche est alors visualisée. En cas de malposition de la sonde gauche, le fibroscope permet son repositionnement. Il est introduit par le canal bronchique, puis positionné à l'intérieur du canal à 1 cm de sa lumière distale. La sonde est positionnée 1 à 2 cm au-dessus de la carène (après dégonflement des ballonnets) progressivement et prudemment sous contrôle. Le fibroscope est alors inséré dans la bronche souche et sert de guide à l'avancement de la sonde. Le contrôle du bon positionnement est à nouveau effectué comme précédemment [166].

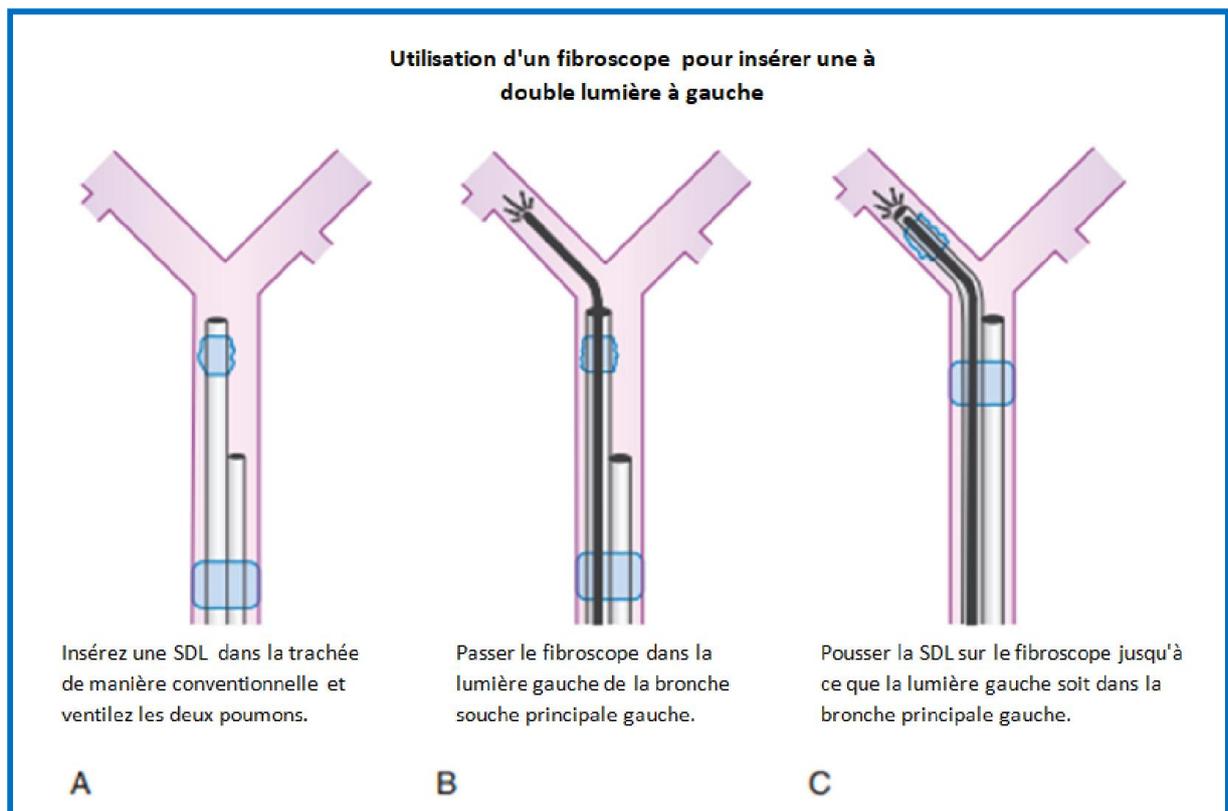


Figure 42. Etapes de mise en place d'une SDL sous contrôle fibroscopique [25].

### 3.5. Complications d'intubation [43]

#### a. Complications générales

L'intubation trachéale, notamment lors de l'exposition de la glotte nécessitant une pression sur les voies aériennes par traction du laryngoscope, peut entraîner un réflexe attribué, au moins en partie, au stimulus douloureux. La conséquence potentielle d'un tel stimulus peut se traduire par une augmentation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle. Ces modifications hémodynamiques, parfois sévères, peuvent avoir d'importantes conséquences chez les patients porteurs de comorbidités, notamment cardiovasculaires (accidents vasculaires ischémiques, syndromes coronariens aigus).

Une autre complication majeure est représentée par le passage d'une partie du contenu œsogastrique dans l'arbre trachéo-bronchique jusque dans les voies aériennes distales. Cette complication se voit essentiellement chez les patients n'ayant pas respecté le jeûne préopératoire ou considérés comme « estomac plein » et est la conséquence d'une perte associée du tonus du SIO survenant lors de l'induction anesthésique.

#### b. Complications locorégionales à court terme

La majorité des complications locorégionales survenant au cours d'une intubation sont d'origine traumatique et sont représentées par :

- Les traumatismes dentaires (bris dentaire, luxation voire avulsion) dont la prévention nécessite une introduction et une traction du laryngoscope précautionneuses et une évaluation minutieuse préopératoire de l'état dentaire du patient pouvant conduire à l'utilisation de gouttières de protection pour l'arcade dentaire supérieure ;
- Les traumatismes de la filière nasale et des cornets lors de l'intubation nasotrachéale qui sont responsables de lésions des cornets voire d'épistaxis. Leur prévention nécessite de « tester » les deux narines avant l'introduction de sonde du fait de l'hypertrophie temporaire des cornets en lien parfois avec des épisodes allergiques ou infectieux. Elle passe également par l'utilisation d'une sonde de calibre adaptée et lubrifiée que l'on introduit doucement en imprimant de légers mouvements de rotation en va-et-vient ;
- Les traumatismes du larynx et de l'arbre trachéo-bronchique représentés par les plaies, les hématomes et contusions des cordes vocales, subluxations ou luxations aryénoïdiennes liées au passage direct de la sonde au contact de ces éléments anatomiques. Les plaies trachéo-bronchiques sont rares, de l'ordre de 1 % des cas mais

leurs conséquences (emphysème thoracique et pneumomédiastin) nécessitent souvent une ré-intervention chirurgicale (suture). Le passage de la sonde dans l'œsophage (malposition de sonde) peut aussi se traduire par des lésions organiques à l'origine de pneumomédiastin et/ou emphysème thoracique ;

- Les traumatismes muqueux du plan glottique en lien avec un gonflement traumatique du ballonnet ou une surpression.

### **c. Complications d'une intubation de longue durée**

Les intubations de longue durée peuvent entraîner des lésions ischémiques de la sphère nasopharyngée ou de la glotte avec, parfois, l'apparition d'un œdème du plan glottique. La détection de cette dernière complication passe par la réalisation d'un test de fuites au lit du patient intubé au long court (en règle au-delà de 48 heures) lorsqu'on prévoit une extubation. Son traitement nécessite la mise en place d'une corticothérapie sous forme d'aérosols ou systémique.

Ces lésions ischémiques, plus fréquentes en milieu de réanimation, sont le plus souvent dues à une contusion de l'appareil muqueux et sous-muqueux au contact du ballonnet de la sonde, réalisant une compression à l'origine d'une hypoperfusion localement. Leur prévention passe par les contrôles pluriquotidiens de la pression du ballonnet à l'aide du manomètre dédié (figure 37).

L'intubation prolongée peut également entraîner une inflammation des cordes vocales, responsable de la formation de granulomes siégeant sur la portion cartilagineuse des processus vocaux ou des aryténoïdes et qui régressent le plus souvent peu après l'extubation. Leur persistance sous forme de nodules fibreux cicatriciels peut nécessiter un suivi par un spécialiste ORL et, parfois, le recours à une intervention chirurgicale pour leur vaporisation.

L'inflammation créée par la présence de matériel étranger traumatique peut aussi conduire à l'apparition de lésions sténosantes des voies aériennes, notamment du plan glottique et nécessiter une chirurgie réparatrice à distance.

Enfin, on peut rencontrer de rares cas de paralysies du nerf récurrent attribuées à une élongation du nerf laryngé inférieur par traumatisme direct (laryngoscope) ou indirect (position du patient).

## **VI. Gestion difficile des voies aériennes supérieures**

Il a été estimé que l'incapacité à gérer avec succès une voie aérienne difficile est responsable de 30 % des décès directement attribuables à l'anesthésie [198]. Donc, l'évaluation préanesthésique des VAS est nécessaire avant l'anesthésie générale et locorégionale, afin de pouvoir planifier à l'avance la gestion des VAS. Divers tests au chevet du patient ont été utilisés, seuls ou en combinaison, pour prédire la difficulté de gestion des VAS. La validité de nombreux tests a été remise en question, et il est utile d'examiner comment ces évaluations ont été étudiées. Divers facteurs prédictifs ont été testés sur différents échantillons de patients. Pour qu'une évaluation soit utile, elle doit être à la fois sensible (c'est-à-dire identifier correctement ceux dont la trachée est difficile à intuber) et spécifique (c'est-à-dire identifier correctement ceux dont la trachée est facile à intuber). Malgré une sensibilité et une spécificité raisonnablement élevées, de nombreux tests prédictifs ont une utilisation limitée en pratique clinique car l'échec de l'intubation est rare ; le nombre de tests faussement positifs sera toujours significativement plus élevé que le nombre de tests réellement positifs. La valeur prédictive positive (rapport entre les tests réellement positifs et le nombre total de tests positifs) pour les tests individuels est généralement inférieure à 50 % ; c'est-à-dire que moins de la moitié des procédures prédites comme étant difficiles le seront réellement. Malgré ces lacunes dans la prédiction de difficultés de gestion des VAS, leur évaluation est une partie essentielle de la prise en charge anesthésique. La combinaison de tests prédictifs peut augmenter l'indice de suspicion de difficulté de gestion des VAS. L'évaluation préanesthésique permet d'envisager les problèmes potentiels des VAS et de créer un plan par étapes pour faire face aux difficultés si elles surviennent [199].

### **1. Ventilation au masque facial difficile ou impossible**

Le but premier du contrôle des VAS n'étant pas de procéder à l'intubation, mais plutôt d'oxygéner et de ventiler le patient, il est permis de se demander si l'examen ou l'histoire cliniques permettent d'anticiper les difficultés liées à la ventilation au masque facial. Malheureusement, peu d'études se sont intéressées au sujet. Notons que si la ventilation au masque peut s'avérer difficile dans un nombre variable mais significatif de cas (l'incidence variant de 0,08 % à 15 % en fonction de la définition retenue), il est rare qu'elle soit impossible [4].

Une ventilation au masque (VMD) est difficile selon la conférence d'experts [171] :

- S'il est impossible d'obtenir une ampliation thoracique suffisante ou un volume courant supérieur à l'espace mort ( $3 \text{ ml kg}^{-1}$ ), un tracé capnographique identifiable et

de maintenir une SpO<sub>2</sub> au-dessus de 92 % ;

- S'il est nécessaire d'utiliser l'oxygène rapide à plusieurs reprises, d'appeler un autre opérateur ;
- Si la pression d'insufflation est supérieure à 25 cmH<sub>2</sub>O.

La conférence d'experts a recommandé de rechercher systématiquement les critères prédictifs d'une VMD et de les mentionner dans le dossier du patient. De plus, la présence de facteurs prédictifs de VMD augmentera parfois d'un facteur 4 le risque d'intubation difficile [200].

### **1.1. Incidence des difficultés de ventilation au masque**

Deux études menées par Kheterpal et ses collègues sur la VMD et impossible représentent les plus grandes enquêtes menées à ce jour sur le sujet. L'incidence de la VMD était de 1,4 % chez 22 660 patients et de 2,2 % dans une étude ultérieure portant sur 50 000 patients [201, 202]. L'incidence de la ventilation impossible était comprise entre 0,15 % et 0,16 % dans ces deux grandes études [201, 202]. Langeron et ses collègues ont rapporté une incidence de 5 % de VMD avec 1 patient sur 1502 impossible à ventiler avec un masque facial (0,07 %) [203]. D'autres études prospectives de grande envergure [204-206] ont montré une incidence allant de 0,07 % à 1,4 %, bien que ce ne soit pas le résultat principal évalué. En résumé, on peut s'attendre à ce que la VMD soit observée entre 1 et 2 fois par 100 anesthésies, et à ce que la ventilation au masque impossible soit observée entre 1 et 2 fois par 1000 anesthésies.

### **1.2. Causes d'une ventilation au masque difficile**

Il existe deux causes principales de ventilation au masque inadéquate. La première est l'incapacité à établir une étanchéité adéquate entre le visage et le masque, ce qui entraîne une fuite de gaz respiratoire. La deuxième cause est une perméabilité inadéquate des VAS au niveau du nasopharynx, de l'oropharynx, de l'hypopharynx, du larynx ou de la trachée. Ces problèmes se manifestent soit par une incapacité à générer une pression adéquate dans les voies aériennes pour faire pénétrer le gaz dans les poumons, soit par une incapacité à faire pénétrer le gaz dans les poumons malgré une pression adéquate [25].

### **1.3. Critères prédictifs de ventilation au masque difficile**

Deux études princeps sur la VMD en ont recherché l'incidence et les critères prédictifs [201, 203]. L'incidence varie de 5 % à 1,4 % en grande partie en raison de définitions différentes. Dans la première étude, cinq critères prédictifs ont été mis en évidence par analyse multivariée : âge supérieur à 55 ans, IMC supérieur à 26 kg/m<sup>2</sup>, absence de dents, présence d'une barbe, présence de ronflements [203]. La présence de deux de ces cinq facteurs prédit une VMD avec le meilleur compromis entre sensibilité (72 %) et spécificité (73 %). La faible

valeur prédictive positive (12 %) est en rapport avec l'incidence faible de la VMD. En revanche la valeur prédictive négative est élevée (98 %), ce qui signifie que l'absence de ces facteurs rend la VMD improbable. La deuxième étude réalisée sur une cohorte huit fois plus importante retrouve six facteurs indépendants : IMC supérieur ou égal à 30 kg/m<sup>2</sup>, présence d'une barbe, score de Mallampati supérieur à II, âge supérieur ou égal à 57 ans, présence d'un ronflement et limitation sévère de la protrusion mandibulaire [201]. Plusieurs autres études moins documentées ont confirmé ces résultats [207].

Les critères prédictifs les plus décrits et validés dans la littérature prospective [201, 203] sont:

- Un IMC supérieur à 26 kg/m<sup>2</sup> ;
- Un âge supérieur à 55 ans ;
- Une classe de Mallampati supérieure à 2 ;
- Une distance thyro-mentale inférieure à 65 mm ;
- Une macroglossie ;
- Une édentation ;
- La présence d'une barbe ;
- Le ronflement.

#### **1.4. Critères prédictifs de ventilation au masque impossible**

Les facteurs prédictifs de la ventilation impossible sont :

- Présence d'un ronflement ;
- Distance thyro-mentonnaire (DTM) inférieure à 6 cm [201].

S'il existe peu de critères permettant d'anticiper avec certitude les difficultés de ventilation au masque, les études visant à définir les entraves à l'utilisation de DSG (masque laryngé, tube laryngé, etc.) sont encore plus rares. Soulignons néanmoins que plusieurs de ces outils, en particulier ceux de type masque laryngé, ont fait l'objet de nombreux rapports suggérant qu'ils peuvent se montrer efficaces dans des situations où la laryngoscopie directe, et même la ventilation au masque, s'avèrent difficiles [4].

## **2. Intubation difficile**

La SFAR, société savante d'anesthésie-réanimation, s'accorde pour définir l'intubation difficile, chez l'adulte et l'enfant, comme un échec d'intubation après deux ou trois tentatives de laryngoscopie directe effectuées en première intention par un praticien expert en utilisant tous les moyens d'optimisation disponibles à savoir le positionnement correct de la tête du patient, le recours au mandrin béquillé d'Eschmann et l'appui laryngé externe ou « BURP »

[207]. Les recommandations actuelles sont basées sur la conférence d'experts de 2006 [200, 207] actualisée en 2017 [85] du fait de l'avènement de nouvelles techniques d'abord des VAS.

### 2.1. Incidence d'intubation difficile

L'incidence de l'ID varie de 1 % à 18 % dans diverses études portant sur des cas de chirurgie élective. L'incidence réelle est probablement de 5 à 8 % dans la plupart des contextes de pratique [25]. Une étude sur les intubations trachéales émergentes dans un hôpital universitaire a montré une incidence de 10,3 % d'ID [208]. L'incidence de l'échec de l'intubation trachéale varie de 0,05 % à 0,35 % ; les extrêmes de cette fourchette sont associés aux patients en chirurgie élective et en obstétrique, respectivement. L'incidence de l'échec de l'intubation est environ huit fois plus élevée dans la population obstétricale que dans les autres, avec un risque de décès 13 fois plus élevé [209].

Dans une étude, l'incidence de la VMD et de l'ID combinées était de 0,37 % [201]. Les patients dont les poumons étaient impossibles à ventiler au masque présentaient un risque d'ID de 25 %, significativement plus élevé que celui de la population générale. Un patient sur trois présentant à la fois une impossibilité de ventilation au masque et une ID a dû recourir à une technique d'intubation alternative pour sécuriser les VAS, 10 % de ces patients nécessitant une voie chirurgicale. De même, l'un des résultats significatifs d'une autre étude est que la VMD confère un risque 4 fois plus élevé d'ID et un risque 12 fois plus élevé d'intubation impossible [204].

L'incidence du scénario " impossible à intuber/ impossible à ventiler" ou CICO (cannot intubate/ cannot oxygenate) a été estimée entre 0,01 et 2 pour 10 000 patients [209-211]. Dans une étude portant sur 50 000 patients, Kheterpal et ses collègues ont décrit l'incidence comme étant de 3,75 pour 10 000 patients [202]. Malgré les progrès récents en matière de dispositifs et de techniques de gestion des VAS, la plupart des hôpitaux actifs sont confrontés à plusieurs de ces événements chaque année, ce qui rend impératif de veiller à ce que la reconnaissance et la prise en charge de voies aériennes difficiles restent un principe central de l'éducation et de la formation en anesthésiologie [25].

### 2.2. Etiologies [43]

Les étiologies de l'ID peuvent être classées selon le site anatomique :

- Accès difficile aux cordes vocales dû à une mauvaise exposition : malpositions dentaires, macroglossie, traumatismes balistiques ;
- Difficultés de passage de la sonde d'intubation entre les cordes vocales (tumeurs,

filière étroite, épiglottite, paralysie récurrentielle) ;

- Obstacle trachéal à la progression de la sonde : œdème, tumeur endolaryngée ou sous-glottique, rupture laryngo-trachéale ou sténose trachéale ;
- Non-visualisation des cordes vocales ;
- Limitation de l'ouverture de la bouche ;
- Anomalie cervicale de type raideur cervicale, patient obèse à cou court ;
- Anomalie endobuccale ou laryngée, qu'elles soient anatomiques (palais ogival, macroglossie), tumorales (néoplasie des voies aérodigestives supérieures), infectieuses, etc.

### **2.3. Critères prédictifs d'intubation difficile**

La prédiction des difficultés d'intubation repose essentiellement sur un examen clinique orienté [43] :

#### **a. Grades de Cormack et Lehane**

Cormack et Lehane [212] ont conçu un système de classification de la vue glottique en 1984. L'objectif de ce système était de noter la vue glottique obtenue par laryngoscopie directe et d'utiliser cette note comme moyen de formation à l'anesthésie générale chez les patientes en obstétrique. Par conséquent, le grade de Cormack et Lehane n'est pas un outil d'évaluation préopératoire mais plutôt une méthode de classification pour décrire la difficulté relative de l'intubation trachéale ultérieure. La description originale comprend quatre grades de laryngoscopie (Figure 43) :

- Grade 1 : Vue complète de la glotte
- Grade 2 : Vue partielle de la glotte ou des aryténoïdes
- Grade 3 : Seule l'épiglotte est visible
- Grade 4 : Ni la glotte ni l'épiglotte ne sont visibles.

Des modifications ultérieures ont été proposées. Le grade 2 peut être divisé en 2A (partie des cordes vocales visible) et 2B (uniquement les aryténoïdes ou l'origine très postérieure des cordes vocales visible). De plus, le grade 3 peut être divisé en deux catégories : ceux chez qui l'épiglotte est visible et peut être soulevée (grade 3A), et ceux chez qui l'épiglotte est visible mais ne peut être soulevée (grade 3B) [213]. On peut s'attendre à une difficulté croissante de l'intubation avec chaque grade progressif de la classification de Cormack et Lehane.

En raison de l'acceptation généralisée du système de classification de Cormack et Lehane, il est possible d'obtenir des informations utiles en examinant les dossiers d'anesthésie des

patients qui ont déjà subi une laryngoscopie directe ; le grade de Cormack et Lehane est souvent documenté. Cependant, les rapports antérieurs doivent être traités avec prudence, car les notes données peuvent être différentes, et il existe un potentiel de variabilité inter-observateur et intra-observateur.

### **b. Classification de Mallampati**

En 1985, Mallampati et al. [214] ont décrit un signe clinique permettant de prédire une ID en se basant sur la taille de la base de la langue. Une classification de Mallampati de I à III est attribuée, en fonction de la visibilité des piliers, de la luette et du palais mou lorsque le patient est assis en position verticale, la tête neutre, la bouche ouverte, la langue saillante et sans phonation. Des scores plus élevés dans la classification de Mallampati indiquent une mauvaise visibilité des structures oropharyngées attribuable à une langue large par rapport à la taille de l'espace oropharyngé et, par conséquent, une laryngoscopie plus difficile. La classification de Mallampati modifiée décrite par Samsoon et Young [215], qui ajoute une quatrième classification, est le test d'évaluation des VAS le plus couramment utilisé dans la pratique actuelle de l'anesthésie et se définit comme suit (Figure 43) :

- Classe I : Les piliers, la luette et le palais mou sont visualisés.
- Classe II : la base de la luette et le palais mou sont visualisés.
- Classe III : le palais mou seul est visualisé.
- Classe IV : Seul le palais dur est visualisé.

Une classification Mallampati zéro a été proposée lorsque l'épiglotte peut être visualisée lors de l'examen de l'oropharynx ; cette constatation est généralement associée à une laryngoscopie facile [216], bien que des difficultés dans la gestion des VAS attribuables à une épiglotte large et souple chez les patients ayant une classification Mallampati zéro puissent survenir [217]. Certaines études préconisent d'obtenir un score de Mallampati avec la tête en extension complète pour améliorer la valeur prédictive du test [218].

Le test de Mallampati isolé n'est ni spécifique ni sensible; cependant, il peut avoir une utilité clinique en association avec d'autres prédictifs de gestion difficile des VAS [219]. Une méta-analyse réalisée sur les principaux tests prédictifs (classe de Mallampati, DTM, ouverture de bouche et distance sterno-mentale) montre une sensibilité modérée et une meilleure spécificité du test de Mallampati qui a la meilleure aire sous la courbe [220]. Cette étude montre que chaque test utilisé seul a une faible valeur prédictive et que l'association classe de Mallampati et DTM a la meilleure valeur prédictive [221].

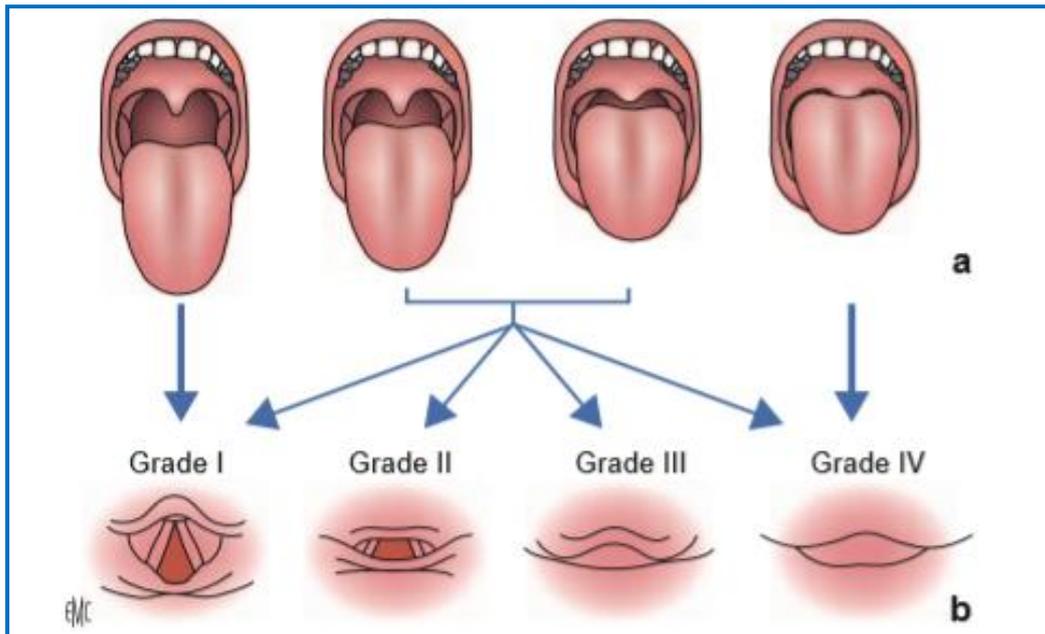


Figure 43. Grade de Cormack et Lehane (a) et classe de Mallampati (b) [1].

### c. Distance thyro-mentale

Pendant la laryngoscopie, la langue est normalement poussée dans l'espace mandibulaire. La DTM, c'est-à-dire la distance entre la pointe du menton et l'encoche du cartilage thyroïde, peut être utilisée pour estimer la taille de cet espace et, par conséquent, si la langue peut être facilement déplacée pour faciliter la laryngoscopie [210]. En l'absence d'autres anomalies, si la DTM est supérieure à 6,5 cm et la longueur mandibulaire horizontale supérieure à 9 cm, l'intubation devrait se faire sans difficulté. Une DTM inférieure à 6 cm suggère un risque accru d'ID [220]. Cependant, le manque de détails dans diverses études concernant la manière précise de mesurer la DTM (si elle a été effectuée à partir du bord interne ou externe de la mandibule) rend l'interprétation de ce test difficile.

Anatomiquement, si l'espace mandibulaire est petit et incapable d'accueillir les tissus déplacés par la lame du laryngoscope, peu de modifications amélioreront la ligne de vision pendant la laryngoscopie directe [210]. Lorsque l'espace mandibulaire est petit, le larynx est relativement antérieur et la langue doit être tirée vers l'avant au maximum et comprimée pour exposer le larynx.

### d. Extension de l'articulation atlanto-occipitale

L'extension de l'articulation atlanto-occipitale est nécessaire pour que le patient soit dans la position d'intubation idéale dans laquelle les axes oral, pharyngé et laryngé sont alignés. Le mouvement peut être évalué avec le patient assis, la tête et le cou en position neutre, face à l'avant, puis avec l'articulation en extension maximale (Figure 44). L'extension normale doit

être de 35 degrés ou plus ; on peut s'attendre à des difficultés d'intubation lorsque le mouvement de l'articulation est réduit [210]. La précision de cette évaluation est sujette à la variabilité inter-observateur, ce qui rend son rôle dans l'évaluation de routine des VAS discutable. Une évaluation de l'amplitude globale des mouvements du cou peut être effectuée en mesurant l'angle créé par le front lorsque le cou est en flexion complète puis en extension complète ; une mesure inférieure à 80 degrés est prédictive d'une intubation difficile [222].

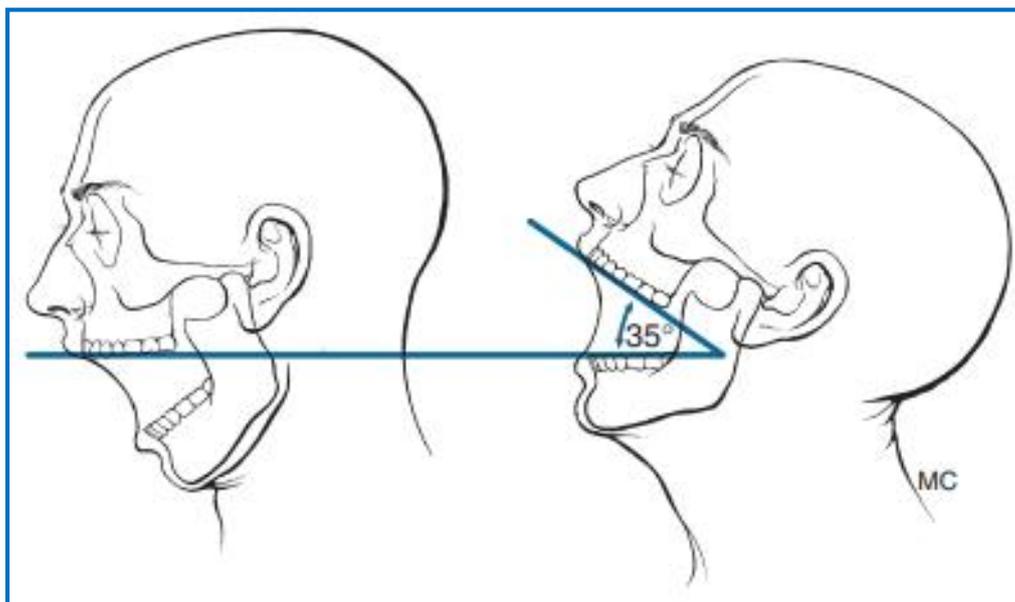


Figure 44. Méthode clinique pour quantifier l'extension de l'articulation atlanto-occipitale [210].

### e. Protrusion mandibulaire

La capacité du patient à étendre les dents mandibulaires vers l'avant au-delà de la ligne des dents maxillaires peut prédire une visualisation adéquate du larynx pendant la laryngoscopie directe. Dans le test de protrusion mandibulaire, on demande au patient d'étendre sa mandibule aussi loin que possible; une des trois classes suivantes est attribuée [209, 223]:

- Classe A : Les incisives inférieures peuvent faire saillie en avant des incisives supérieures.
- Classe B : Les incisives inférieures peuvent être amenées bord à bord avec les incisives supérieures.
- Classe C : Les incisives inférieures ne peuvent pas être rapprochées des incisives supérieures.

La classe A est un bon prédicteur d'une bonne vue glottique lors de la laryngoscopie directe, alors que la classe C est associée à une mauvaise vue glottique [223].

**f. Test de morsure de la lèvre supérieure (The Upper lip bite test)**

Le test de morsure de la lèvre supérieure ou le ‘‘Upper lip bite test’’ est similaire à la protrusion mandibulaire. En demandant au patient de mordre sa lèvre supérieure, trois classes sont possibles (figure 45) [207]:

- Classe I : morsure de la lèvre supérieure masquant complètement sa muqueuse ;
- Classe II : morsure de la lèvre supérieure masquant incomplètement sa muqueuse ;
- Classe III : impossibilité de mordre la lèvre supérieure

Il a été démontré que l'Upper lip bite test est un meilleur indicateur que le score de Mallampati pour prédire la facilité de laryngoscopie et d'intubation [224]. Ce test ne peut pas être évalué chez les patients édentés.



Figure 45. L'Upper lip bite test visant à évaluer la protrusion mandibulaire [4].

**g. Ouverture buccale**

La mesure de la distance inter-incisives ou inter-gencives explore la mobilité de l'ATM. Une ouverture limitée de la bouche empêche l'introduction d'une lame de laryngoscope et donc l'exposition du larynx ainsi que l'introduction d'autres dispositifs pour les VAS. Il a été démontré qu'une ouverture buccale de moins de deux phalanges de doigt réduit la prévalence d'une intubation facile de 95 % à 62 % [206]. La conférence d'experts a défini une ouverture de bouche inférieure ou égale à 35 mm comme un critère prédictif d'ID [171].

Plusieurs études ont montré qu'une ouverture de bouche limitée est fortement associée à une difficulté de laryngoscopie. Cependant, la méta-analyse n'a retrouvé qu'une faible valeur prédictive à ce test pris isolément [220].

### h. Autres tests

- La distance sterno-mentale a été suggérée pour prédire une laryngoscopie difficile. Cette distance est mesurée entre le menton et le sternum, la tête étant complètement étendue sur le cou et la bouche fermée. Une distance de moins de 12,5 cm est prédictive d'une ID [220]. Malheureusement, cette évaluation a un pouvoir prédictif extrêmement faible, et elle a donc été largement abandonnée.
- Le Signe du prieur est positif si les deux mains en position de prière ne peuvent se joindre complètement (figure 46). Il est recherché chez le diabétique et signe une ankylose des articulations métacarpo-phalangiennes et inter-phalangiennes. L'atteinte microarticulaire touche également l'ATM. Plus récemment, il a été proposé une impression de l'empreinte palmaire de la main dominante. Une impression partielle des surfaces phalangiennes est prédictive d'une ID [207].
- Laryngoscopie indirecte. Bien que plus performante que les autres tests, la laryngoscopie indirecte avec un miroir ne peut être envisagée en pratique courante en raison de la difficulté de l'examen. La valeur prédictive est supérieure à 30 % [207].
- Il convient d'ajouter la recherche d'un terrain favorable comme une obésité, un diabète, un syndrome d'apnée obstructive du sommeil (SAOS), des antécédents ORL, des antécédents maxillo-faciaux, des traumatismes, des radiothérapies, des maladies articulaires, des pathologies congénitales [43].



Figure 46. Signe de prieur négatif à gauche, positif à droite.

En résumé, Les critères d'ID reconnus et validés par les sociétés savantes [85, 108, 207, 225]

sont :

- Un antécédent d'intubation difficile ;
- Une classe de Mallampati supérieure à 2 dont le score est établi à partir de l'examen de la cavité orale du patient bouche ouverte et dont les classes peuvent être associées aux grades de Cormack et Lehane avec, toutefois, une association moins fiable pour les classes II et III (Figure 43) ;
- Une distance thyro-mentale inférieure à 65 mm ;
- Une ouverture de bouche inférieure à 35 mm.

### 2.4. Scores prédictifs d'intubation difficile

Cependant, Les tests individuels sont peu prédictifs de la gestion difficile des VAS ; c'est pourquoi les chercheurs ont proposé plusieurs scores en combinant les différents tests dans le but d'améliorer la spécificité :

- Le score de Wilson: Wilson et al. [222] ont évalué cinq facteurs de risque (poids, mobilité de la tête et du cou, mobilité mandibulaire, présence ou absence d'un rétrognathisme, dents proéminentes). Chaque variable a été notée de 0 à 2 (tableau 3), et une valeur supérieure ou égale à 2 est prédictive d'une laryngoscopie difficile (Le critère évalué est la laryngoscopie difficile et non pas l'intubation difficile). Bien que 75 % des cas de laryngoscopies difficiles aient pu être prédits, 12.1 % ont été prédits à tort comme étant difficiles [222]. Des travaux ultérieurs utilisant le score de Wilson ont trouvé une valeur prédictive positive de seulement 9 %, et par conséquent elle est maintenant rarement utilisée dans la pratique clinique [226].
- Le score d'El Ganzouri [204] associe sept paramètres : le poids, la mobilité de la tête et du cou, l'ouverture de la bouche, la mobilité mandibulaire, la DTM, la classe de Mallampati et l'antécédent d'ID (Tableau 4). Une valeur de 4 ou plus possède des performances prédictives plus intéressantes que la classification de Mallampati. C'est également un score de prédiction de la laryngoscopie difficile qui fut établi à partir d'une série de 10 507 patients parmi lesquels 5,1 % sont de grade III et 1 % de grade IV de Cormack et Lehane.
- Les critères de Belhouse associent une limitation de l'articulation atlanto-occipitale ( $< 35^\circ$ ), une DTM inférieure à 5 cm et une augmentation de l'épaisseur de la langue. Ces critères associés sont retrouvés plus fréquemment chez les patients ayant présenté une ID [207].
- Le score d'Arné [227] est un score global qui associe des critères anatomiques et liés

au terrain (Tableau 5). Il a été validé sur le mode prospectif (n = 1090) après avoir été établi dans une première étude (n = 1200). L'incidence globale de l'ID pour l'ensemble des patients était de 4,2 % tandis qu'aucune intubation ne demeurait impossible. Chaque facteur est pondéré pour bâtir un score validé qui représente un excellent outil de recherche clinique. Il est plus performant que les autres scores, sa sensibilité est supérieure à 90 % et sa spécificité est de 96 % sur une population standard et de 66 % en chirurgie des cancers ORL.

- *Le score d'Adnet* [228] permet une quantification de la difficulté de l'intubation oro-trachéale. Cette difficulté est plus fréquente et plus grande en contexte pré-hospitalier. Il est peu utilisé en pratique et prend en compte le nombre de tentatives, le nombre d'opérateurs, la visualisation glottique ainsi que la difficulté d'exposition (tableau 6).
- *Le score de MACOCHA* [229]: De Jong et al. ont défini l'ID, dans le cadre de l'urgence, comme nécessitant plus de trois tentatives d'insertion de sonde trachéale et/ou plus de 10 minutes pour une intubation trachéale réussie. Avec cette définition, ils ont rapporté une incidence de 11% d'ID. Ces données ont été utilisées pour développer un score de prédiction d'ID en unité de soins intensifs contenant sept éléments cliniques (le score de Mallampati, l'apnée obstructive de sommeil, la mobilité de la colonne cervicale, l'ouverture de la bouche, le coma, l'hypoxémie et la présence d'un opérateur non anesthésiste ou anesthésiste non expérimenté [MACOCHA]) utile pour identifier les patients présentant une difficulté potentielle des voies aériennes (tableau 7). Le score MACOCHA est très facile à réaliser et à mémoriser. Cependant, si le score ne prédit pas une ID, il faut rester vigilant car il y a toujours une petite possibilité qu'elle soit difficile. Selon les auteurs, d'autres études sont nécessaires pour apprécier si l'application du score de MACOCHA dans la pratique quotidienne permet d'anticiper et de réduire davantage les complications de l'intubation.

Tableau 3. Score de Wilson [222].

Critère	Points		
	0	1	2
<b>Poids (kg)</b>	< 90	90 - 110	> 110
<b>Mobilité de la tête et du cou (degrés)</b>	> 90	90	< 90
<b>Mobilité mandibulaire</b>	OB > 5 cm ou subluxation > 0	OB < 5 cm ou subluxation = 0	OB < 5 cm ou subluxation < 0
<b>Rétrognathie</b>	Non	Modérée	Sévère
<b>Proéminence des incisives supérieures</b>	Non	Modérée	Sévère

OB : ouverture de bouche ; subluxation : possibilité d'amener les incisives mandibulaires en avant des incisives maxillaires (> 0) ; ou juste à leur niveau (= 0) ; ou impossibilité d'avancer la mandibule en regard du maxillaire (< 0). Un score supérieur ou égal à deux est prédictif d'une laryngoscopie difficile.

Tableau 4. Score d'El Ganzouri [204].

Critères	Points		
	0	1	2
<b>Poids (kg)</b>	< 90	90 - 110	> 110
<b>Mobilité de la tête et du cou (degrés)</b>	> 90	90+/-10	< 80
<b>Ouverture de bouche</b>	≥ 4 cm	< 4 cm	
<b>Subluxation &gt; 0</b>	Possible	Pas possible	
<b>Distance thyro-mentale</b>	> 6,5 cm	6 – 6,5 cm	< 6 cm
<b>Classe de Mallampati</b>	I	II	III
<b>Antécédent d'intubation difficile</b>	Non	Possible	Etabli

Tableau 5. Score d'Arné [227].

Critère	Valeur simplifiée	%
Antécédent d'intubation difficile	10	
Pathologies favorisantes	5	
Symptômes respiratoires	3	
OB > 5 cm ou subluxation > 0	0	
3,5 cm < OB < 5 cm et subluxation = 0	3	En prenant 11 comme valeur seuil, le test a les performances suivantes: sensibilité : 93 %; spécificité: 93 %; VPP: 34 %; VVN: 99 %; (population générale)
OB < 3,5 cm et subluxation < 0	13	
Distance thyromentale < 6.5 cm	4	
Mobilité de la tête et du cou > 100°	0	
Mobilité de la tête et du cou 80 - 100°	2	
Mobilité de la tête et du cou < 80°	5	
Classe de Mallampati 1	0	
Classe de Mallampati 2	2	
Classe de Mallampati 3	6	
Classe de Mallampati 4	8	
<b>Total maximum</b>	<b>48</b>	

Tableau 6. Score d'Adnet [228].

Paramètre pris en compte	Degré de difficulté en fonction du score
Nombre de tentatives au delà de 1	
Nombre d'opérateurs au delà de 1	
Nombre de techniques alternatives	Total = 0 ↔ facile, situation idéale
Grade de Cormack et Lehane - 1 (grade 1 = 0)	0 < total 5 ↔ difficulté légère
Force de traction normale (0) ou anormale (1)	
Pression laryngée: non (0) ou oui (1) sauf Sellick	Total > 5 ↔ difficulté modérée à majeure
Cordes vocales en abduction (0) ou adduction (1)	

Tableau 7. Score de MACOCHA [229].

<b>Facteurs</b>	<b>Points</b>
<b>Facteurs liés au patient</b>	
<b>Score de Mallampati III ou IV</b>	5
<b>Syndrome d'apnée obstructive de sommeil</b>	2
<b>Mobilité du rachis cervical limitée</b>	1
<b>Ouverture de bouche limitée &lt; 3 cm</b>	1
<b>Facteurs liés à la pathologie</b>	
<b>Coma</b>	1
<b>Hypoxémie sévère (&lt; 80 %)</b>	1
<b>Facteurs liés à l'opérateur</b>	
<b>Anesthésiste non entraîné</b>	1
<b>Total</b>	12

Définition de l'abréviation : **MACOCHA** = **M**allampati score III or IV, **A**pnea syndrome (obstructive), **C**ervical spine limitation, **O**pening mouth < 3 cm, **C**oma, **H**ypoxia, **A**naesthesiologist nontrained.

Côté de 0 to 12: 0 = intubation facile; 12 = intubation très difficile.

### **3. Echographie et gestion des VAS** [55]

Malgré les nombreux critères ou scores proposés, l'ID imprévue reste un piège non exceptionnel qui peut mettre en jeu la vie du patient. L'échographie permet une nouvelle approche des voies aériennes en anesthésie et en réanimation, en visualisant toute la filière aérienne depuis la bouche jusqu'aux poumons, en passant par l'estomac. Le bilan échographique à la recherche des critères d'ID peut être réalisé de façon non invasive et rapide (3 à 4 minutes), non irradiante, sans le recours d'un autre spécialiste, au cours de la consultation de pré-anesthésie, au lit du patient ou même sur la table d'opération juste avant l'induction de l'anesthésie, permettant ainsi d'adapter la stratégie d'intubation dans les situations à risque. Il est alors possible de proposer de nouveaux critères pour l'évaluation des risques d'ID, et de d'évaluer de façon objective l'état de vacuité-réplétion gastrique avant

l'induction de l'anesthésie générale afin de choisir la séquence d'induction adaptée. Après l'intubation, l'échographie facilite la confirmation de la bonne position de la sonde d'intubation et visualise avec précision les mouvements pleuraux au cours du cycle ventilatoire. La cinétique diaphragmatique est visualisable et quantifiable tant en ventilation spontanée qu'assistée ou contrôlée. L'échographie permet de confirmer ou d'infirmer certains diagnostics relatifs à des problèmes ventilatoires pouvant survenir en peropératoire comme un pneumothorax, une intubation sélective secondaire lors de la mise en proclive, ou un œdème pulmonaire aigu.

#### **4. TDM et gestion des VAS**

Les images tomographiques de la tête et du cou peuvent être utilisées pour créer des images endoscopiques virtuelles en trois dimensions qui peuvent être utilisées pour planifier la gestion des voies aériennes difficiles, en particulier pour les patients présentant une pathologie complexe des voies aériennes [230]. Les premières études de l'analyse de l'image faciale ont également montré que l'utilisation de cette technologie pour prédire l'ID était prometteuse [231].

#### **5. Techniques d'intubation difficile**

##### **a. Techniques sans vision directe de la glotte [43]**

Les techniques permettant d'exposer la glotte sans vision directe de l'opérateur possèdent de nombreux avantages comme celui de ne pas nécessiter un alignement des filières orale et pharyngo-laryngée. Ceci permet de préserver l'axe du rachis cervical et s'avère très intéressant dans nombre de situations, notamment lors de la prise en charge du polytraumatisé. Ces techniques ont bien sûr été considérablement enrichies par l'apport, novateur d'un point de vue technique et ergonomique, des laryngoscopes à fibre optique et des VL. Parmi les différentes techniques disponibles d'intubation sans vision directe de la glotte, on retrouve :

- Les VL et laryngoscopes à fibre optique dont font partie le macgrath® et l'Airtraq®, entre autres, récemment intégrés à la stratégie de prise en charge de l'intubation difficile;
- L'intubation nasale, qui reste peu utilisée, hormis pour certaines chirurgies électives nécessitant un abord de la cavité orale par le chirurgien (soins dentaires, certaines chirurgies ORL). Elle reste à risque de traumatismes et nécessite une pratique régulière pour sa maîtrise ;

- L'intubation par masque laryngé, peu recommandée car difficile de réalisation avec un faible taux de succès du fait du caractère aléatoire de positionnement du canal aérien du masque par rapport au plan de la glotte et de la limitation du diamètre de sonde utilisable ;
- L'intubation par voie rétrograde qui conserve peu d'indications depuis l'arrivée des laryngoscopes à fibre optique et vidéo du fait de son caractère invasif Cette technique présentait l'avantage de ne pas mobiliser le rachis et d'être rapide avec un excellent taux de succès ;
- L'intubation par endoscope de Bonfils ou rétromolaire qui, avec l'aide d'un laryngoscope standard, permet une plus forte angulation de la partie distale de la sonde et la mise en place de celle-ci sous contrôle de la vue. Elle revêt un intérêt théorique en cas de malformations du rachis ou de dysmorphies crânio-faciales avec intubation difficile prévue ;
- L'intubation par laryngoscopie standard aidée du mandrin d'Eschmann, intéressante en première intention lorsque la glotte n'est pas visible directement (glotte haute située et/ou difficultés d'alignement des structures). Ce matériel fait partie intégrante des modalités d'optimisation de la laryngoscopie standard et doit faire partie du matériel de prise en charge des VAS dans tous les blocs opératoires.

### **b. Techniques avec vision glottique directe [43]**

Les techniques d'intubation difficile avec vision directe de la glotte regroupent toutes les techniques suivantes :

- Le masque laryngé et le LMA-Fastrach indiqués en première intention en cas d'intubation difficile prévue chez les patients possédant des critères de ventilation difficile. Cette technique ne doit pas être utilisée si l'intubation est jugée impossible ou si le patient présente des anomalies congénitales ou acquises pouvant impacter la conformation anatomique des VAS, susceptibles d'entraîner la malposition du dispositif. Son autre inconvénient réside dans la limitation des pressions d'insufflation lors de son utilisation en ventilation (comme pour tous les masques laryngés) ;
- L'intubation sous fibroscopie, qui reste indiquée dans les cas d'intubation difficile prévue avec échec de la procédure d'intubation à travers le masque laryngé et dans certains cas d'intubation difficile prévue avec modifications anticipées de la filière anatomique aérienne (carcinologie ORL ou antécédents de radiothérapie cervicale par exemple).

- L'intubation par trachéotomie chirurgicale ou à l'aide de kits de cricothyroïdotomie est rapide mais invasive et reste une solution de secours.

## **6. Place de l'endoscopie flexible dans l'intubation difficile**

L'intubation vigile est la technique de référence pour l'intubation difficile « programmée ».

### **a. Indications et contre-indications**

Le recours à la fibroscopie pour l'intubation requiert la présence d'au moins un des trois critères ci-dessous détectés lors de la consultation d'anesthésie [43]:

- Ouverture de bouche du patient inférieure à 2,5 cm ;
- Raideur du rachis cervical (brûlé, radiothérapie, rachis instable) ;
- Présence d'une tumeur endobuccale ou du carrefour aérodigestif supérieur.

Ou d'au moins deux critères d'iot difficile [43]:

- Un antécédent d'intubation difficile ;
- Une classe de mallampati supérieure à 2 ;
- Une distance thyromentale inférieure à 65 mm ;
- Une ouverture de bouche inférieure à 35 mm.

L'intubation sous fibroscopie n'est cependant pas systématique chez les patients présentant des critères d'intubation difficile [232]. Face à des critères discordants, on peut proposer une tentative d'intubation sous AG à l'aide d'un autre dispositif alternatif recommandé dans la prise en charge de l'ID (Fastrach, VL). Cette option est d'autant plus envisageable que la ventilation au masque n'est pas prévue difficile chez le patient considéré.

La fibroscopie bronchique n'a que peu d'indications retenues dans l'ID imprévue. Elle peut ainsi être réalisée en cas d'échec des procédures proposées dans l'algorithme d'IOT difficile (VL, Fastrach) aux conditions suivantes : la maîtrise de la technique par l'opérateur et le caractère « ventilable au masque » du patient [43].

Les contre-indications sont représentées par :

- La présence d'un obstacle trachéal à la progression de la sonde (œdème, tumeur sous-glottique, sténose trachéale) qui doit faire réaliser un abord trachéal en première intention. Une obstruction clinique des vas ou un stridor doivent faire considérer la réalisation d'emblée d'une trachéotomie sous anesthésie locale sans sédation [233] ;
- Le refus et/ou la non-coopération prévisible du patient au geste.

Les échecs de la technique sont principalement dus à l'obstruction de la lumière du fibroscope (sang, sécrétions) ou sont liés à la modification des repères anatomiques (tumeur remaniant les VAS, œdème, traumatisme) [234].

### b. Matériels

Le terme "fibroscope" (figure 47) décrit un endoscope flexible à fibres optiques pouvant être introduit dans les VAS par le nez ou la bouche pour guider l'intubation trachéale. Traditionnellement, les fibroscopes contiennent de minuscules fibres (fibres de verre de 8 à 9  $\mu\text{m}$ ) en faisceaux qui transmettent une lumière externe à l'extrémité du dispositif pour éclairer l'objectif ou transmettent une image de l'extrémité du dispositif à l'oculaire ou à un écran connecté. Les fibres transmettant la lumière (guide de lumière) sont disposées de manière aléatoire mais celles renvoyant l'image (guide d'image) sont précisément situées les unes par rapport aux autres pour assurer l'intégrité de l'image transmise. Le fibroscope flexible est constitué d'un long cordon flexible (figures 47 et 48), dont l'extrémité distale (figure 49) est manipulée par des contrôleurs actionnés à l'extrémité proximale. Différents canaux d'entrée sont incorporés dans le cordon, leur taille variant en fonction du diamètre et de la fonction du dispositif ; ils permettent l'aspiration, l'instrumentation et l'administration de médicaments ou d'oxygène. A proximité se trouvent des commandes directionnelles et un oculaire. La source lumineuse peut être alimentée par le courant externe ou par une batterie. L'oculaire se compose de la lentille d'observation et de la bague de réglage de la dioptrie. Une caméra peut être fixée à l'oculaire, soit pour prendre des photos, soit pour transmettre les images à un moniteur [25].

La transition de la fibre optique à la technologie vidéo rendra ces endoscopes flexibles plus durables et moins sujets à la buée, deux caractéristiques souhaitables pour l'intubation d'urgence. Bien que le coût d'achat et d'entretien d'un endoscope flexible puisse représenter un défi pour certains services d'urgence, les vidéoscopes flexibles à usage unique, comme l'Ambu aScope, constituent une option moins coûteuse (figure 50). Les cliniciens des urgences devraient avoir un accès immédiat aux endoscopes flexibles et devraient acquérir une formation et une pratique régulière de leur utilisation. Le taux de succès de la technique est élevé, supérieur à 90 % [1]. L'intubation avec fibroscope a été comparée avec l'intubation avec le LMA-Fastrach™ en cas d'intubation difficile prévue, le taux de succès est semblable, les patients étaient anesthésiés dans les deux cas [235]. Une autre étude comparant l'intubation vigile avec le fibroscope à l'intubation avec le LMA-Fastrach™ après anesthésie ne retrouve pas de différence significative chez des patients ayant des critères prédictifs d'une intubation difficile [130]. La maintenance du fibroscope est une étape essentielle de son utilisation. Le fibroscope doit être stérilisé depuis moins de 12 heures au moment de son utilisation. La traçabilité de l'utilisation, de l'entretien et de la désinfection est obligatoire [1].



Figure 47. Fibroscopes flexibles [25].

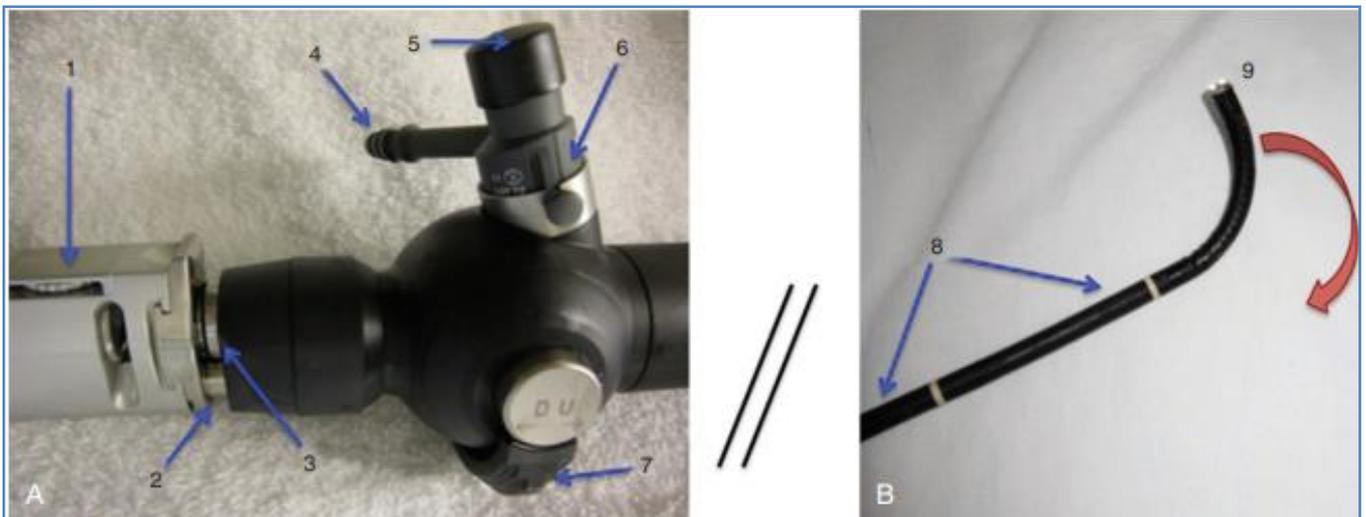


Figure 48. A) Poignée du scope d'intubation flexible (FIS). 1. bague de réglage; 2. connexion de la source lumineuse ; 3. connexion de la sortie vidéo ; 4. orifice d'aspiration ; 5. valve ; 6. canal d'entrée ; 7. levier de contrôle de l'angulation. (B) Tube d'insertion du FIS menant à l'embout flexible : 8. tube d'insertion ; 9. embout flexible [25].

Figure 49. Composants de l'embout flexible. 1. canal d'entrée ; 2. deux fils d'angulation ; 3. faisceau de fibres optiques gainé [25].

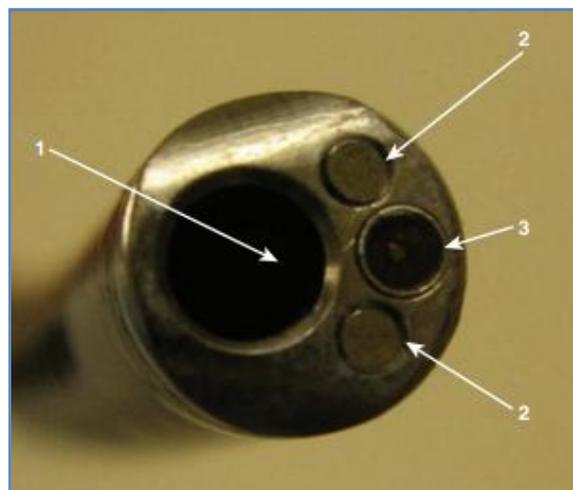




Figure 50. L'Ambu aScope est un nouveau vidéo-scope flexible, entièrement jetable, avec un port d'aspiration intégré et un canal d'entrée pour l'aspiration et l'instillation d'un anesthésique local. Les images des voies aériennes sont visualisées sur un écran numérique réutilisable.

### c. Technique et réalisation

La naso-fibrosopie doit être réalisée de manière vigilante pour éviter l'obstruction des VAS notamment par la chute de langue qui survient sous AG. Le fibroscope va servir de guide pour descendre la sonde d'intubation préalablement positionnée sur celui-ci. La voie nasale est techniquement la plus facile et la plus utilisée. Sa réussite nécessite une coopération indispensable du patient. Celle-ci n'est obtenue qu'après une information éclairée du patient avec explication du geste dès la consultation d'anesthésie. Elle nécessite également une préparation minutieuse avec une analgésie permettant au patient de supporter le passage du fibroscope puis de la sonde d'intubation par les fosses nasales, les choanes puis le carrefour oropharyngé [43].

Différentes étapes de réalisation d'une fibroscopie bronchique pour intubation :

- **Préparation et installation du patient** : installation du patient en position demi-assise avec surveillance à l'aide du monitoring par cardioscope, saturomètre et pression artérielle non invasive. Mise en place d'une oxygénothérapie adaptée à faible débit.
- **Analgésie** : la lidocaïne est l'anesthésique local habituellement utilisé [236]. L'analgésie comprend un méchage nasal par lidocaïne naphazolinée 30 minutes avant le geste puis plusieurs pulvérisations de spray bucco-nasal ou d'aérosols de lidocaïne 5 % 15 minutes avant le geste. Il faut faire attention à ne pas dépasser la dose maximale de lidocaïne de 6 mg/kg. L'analgésie peut inclure une prémédication par hydroxyzine et une sédation légère à condition de maintenir une ventilation spontanée. Dans ce cadre, le rémifentanil semble être le produit de choix [237]. Son administration en AIVOC est de plus en plus utilisée en pratique pour la réalisation de ce type de geste.
- **Préparation du matériel et fibroscope** :
  - Le fibroscope peut être à usage unique ou bien réutilisable avec caméra intégrée,
  - Il doit être raccordé à une aspiration forte,
  - L'intérieur de la sonde d'intubation est lubrifié, le raccord de Cobb est temporairement enlevé et la sonde d'intubation est glissée sur le fibroscope qui joue le rôle de mandrin.
- **Introduction et progression du fibroscope** : descente progressive du fibroscope au départ d'une narine avec progression du fibroscope jusqu'à visualisation des cordes vocales. Instillation à travers le canal opérateur du fibroscope de solution de lidocaïne au moment du passage de la trachée notamment en cas d'absence d'aérosols réalisés en amont puis cathétérisation de la trachée jusqu'à la carène.
- **Descente de la sonde d'intubation** : la descente de la sonde sur le fibroscope, utilisé comme tuteur, est débutée quand la carène a été identifiée. On effectuera une rotation de la sonde sur le fibroscope en cas de butée sur les cartilages aryénoïdes.
- **Contrôle de position de l'extrémité distale de la sonde sous fibroscopie** : visualisation de l'extrémité distale de la sonde en amont de la carène.
- **Retrait du fibroscope.**
- **Raccordement final** :
  - Le raccord de Cobb est branché et la sonde fixée,
  - Le ballonnet est gonflé ; la ventilation est vérifiée avec un capnographe branché,
  - On débute ensuite l'anesthésie générale [43].

Les facteurs clés de la réussite d'une fibroscopie vigile, après l'adhésion et la coopération du patient, sont la formation et l'entraînement de l'opérateur à la technique. En effet, ça nécessite un apprentissage et une pratique régulière [238].

### **d. Mises en garde et précautions d'emploi**

Attention, une sédation ou une analgésie mal conduites peuvent rendre la prise en charge des VAS plus difficile avec un risque d'obstruction et d'apnée majeur. Notamment, les modifications du tonus de l'oropharynx en cas de sédation trop importante (perte du tonus musculaire de langue et des muscles pharyngés) et la réduction de sensibilité due à l'anesthésie locale des VAS s'accompagnent d'un risque d'inhalation accru. On peut, à l'inverse, s'exposer à un risque de laryngospasme ou de toux gênant la procédure lors du passage du fibroscope en cas d'analgésie trop faible ou mal conduite [43].

## **7. Gestion invasive ou infraglottique des voies aériennes**

Dans les situations où la ventilation et l'intubation échouent malgré l'utilisation d'un DSG, il faut recourir à des techniques invasives d'urgence [108]. Ces techniques comprennent la jet-ventilation, l'intubation rétrograde, la cricothyrotomie et la trachéostomie.

### **7.1. Jet-ventilation**

La jet-ventilation consiste à injecter manuellement ou de manière automatique du gaz à haute vélocité à travers un injecteur de faible diamètre (2 mm chez l'adulte) dans les voies respiratoires [239]. Cette technique est indiquée comme ventilation « de secours » en cas de difficultés d'oxygénation, qu'elles soient prévues ou imprévues. Le cathéter est inséré par voie trans-trachéale après ponction inter-crico-thyroïdienne [43]. La ventilation trans-trachéale est simple de réalisation (faible taux d'échec : 3/1000). Elle est particulièrement utile en cas de difficulté d'intubation et est une solution alternative au Fastrach® [240]. Le risque de la jet-ventilation comprend le pneumothorax, le pneumomédiastin, l'hémorragie, l'infection et l'emphysème sous-cutané [241]. Ces risques sont d'autant plus élevés que la ventilation est manuelle (par rapport à une ventilation automatisée par machine). Les contre-indications relatives au recours à la jet-ventilation sont l'obésité morbide (responsable d'une qualité d'oxygénation médiocre), l'absence de formation de l'équipe anesthésique et l'absence de matériel dédié [240].

## **7.2. Intubation rétrograde**

Bien qu'elle soit tombée quelque peu dans l'oubli avec l'arrivée d'une panoplie d'instruments aptes à être utilisés dans les cas d'intubations difficiles, l'intubation rétrograde peut toujours être mise à profit dans certaines situations [242]. Une ouverture de bouche très limitée combinée à la présence d'abondantes sécrétions rendant la fibroscopie difficile représente l'une de ces situations. L'intubation rétrograde consiste à insérer, via une effraction infraglottique, un guide qui est alors poussé vers le haut afin de faciliter l'insertion de la sonde trachéale. L'effraction sous-glottique est effectuée à l'aide d'une aiguille au niveau de la membrane cricothyroïdienne (MCT), ou la membrane cricotrachéale. Un long guide métallique avec une extrémité en forme de J peut alors être inséré jusqu'à ce qu'il apparaisse au niveau du pharynx. La sonde est ensuite chargée et poussée sur le guide qui est maintenu fermement aux deux extrémités. La difficulté principale associée à cette technique survient au moment du retrait du guide afin de permettre la descente de la sonde sous le site de l'effraction. Bien que plusieurs techniques visant à assurer la bonne progression de la sonde soient rapportées, l'insertion dans cette dernière d'un fibroscope flexible représente une alternative efficace. Le fibroscope est poussé dans la trachée et sert alors à diriger la sonde après le retrait du guide [4].

## **7.3. Cricothyrotomie**

Il est préférable de réaliser une cricothyrotomie avec le patient en position de sniffing pour optimiser la capacité à identifier la membrane cricothyroïdienne. Une cricothyrotomie percutanée utilise la technique de Seldinger. Une aiguille est avancée à un angle de 90° à travers la MCT tout en aspirant avec une seringue attachée. Un changement de résistance est ressenti comme un bruit sec lorsque l'aiguille pénètre dans la trachée et l'air est aspiré. L'aiguille doit être dirigée caudalement à un angle de 30 à 45°. Un fil-guide est ensuite avancé à travers l'aiguille, suivi du retrait de l'aiguille, d'une petite incision adjacente au fil, et de la mise en place d'un dilateur puis d'une sonde de calibre adéquat (>4 mm). Enfin, le fil-guide et le dilateur sont retirés, laissant la sonde en place [243]. La technique chirurgicale implique une incision cutanée verticale ou horizontale, suivie d'une incision horizontale à travers la MCT par laquelle est placée une sonde trachéale ou une canule de trachéotomie. Un dilateur ou une bougie peuvent aider à la mise en place des dispositifs [241, 244]. Une cricothyrotomie chirurgicale peut également être utile comme technique de secours si une cricothyrotomie percutanée échoue. Il existe des kits commerciaux de cricothyrotomie percutanée et chirurgicale qui peuvent être utilisés dans des circonstances d'urgence.

Les deux techniques peuvent fournir une sonde trachéale à ballonnet pour contourner l'obstruction des VAS, assurer la ventilation et protéger contre l'inhalation. Il n'y a pas de consensus sur la supériorité de l'une ou l'autre technique [241, 244]. Le succès de l'une ou l'autre technique repose sur la connaissance, la pratique, la compétence et l'exécution précoce de la cricothyrotomie dans une situation "impossible à intuber, impossible à ventiler". Certaines contre-indications relatives à l'une ou l'autre technique sont la rupture laryngée ou trachéale et la coagulopathie. Les complications comprennent les hémorragies, les lésions laryngées, trachéales ou œsophagiennes, les infections et les sténoses sous-glottiques [218, 241].

### **7.4. Trachéotomie**

La trachéotomie d'urgence, dans une situation d'intubation et ventilation impossibles, prend plus de temps qu'une cricothyroïdotomie chirurgicale et, dans la plupart des situations, elle ne devrait pas être entreprise comme tentative de première ligne des techniques invasives de gestion des VAS. Malheureusement, cette technique peut s'avérer difficile dans certains cas en raison de particularités anatomiques [245] et nécessite un plateau technique adapté avec un chirurgien disponible. Une trachéotomie d'urgence ne doit donc être réalisée que par des opérateurs expérimentés ou lorsque la cricothyrotomie échoue.

## **8. Algorithmes de prise en charge des principales sociétés savantes**

La gestion difficile des VAS reste l'une des situations cliniques les plus complexes et les plus difficiles auxquelles sont confrontés les praticiens de l'anesthésie en raison de répercussions néfastes si la perméabilité des VAS n'est pas établie, telles que les lésions cérébrales et le décès. Il existe des preuves solides que la réussite de la gestion des VAS dans l'environnement périopératoire dépend de stratégies spécifiques. De nombreuses sociétés savantes d'anesthésie ont élaboré des guidelines pour la prise en charge des voies aériennes difficiles, fondées sur l'avis d'experts et sur des preuves scientifiques. Des algorithmes ont été développés pour assimiler ces guidelines de manière progressive afin de faciliter la prise en charge et de réduire la probabilité d'effets indésirables [25].

La littérature sur la gestion difficile des VAS en anesthésie s'est considérablement développée. Pour que les guidelines reflètent les données les plus récentes, elles doivent être revues régulièrement pour vérifier leur contenu et leur pertinence. Au fur et à mesure que la pratique de gestion des VAS se perfectionne, les anesthésistes doivent acquérir des connaissances et des compétences dans l'utilisation de divers dispositifs et techniques pour les VAS, dans les situations non urgentes et urgentes. Cependant, des facteurs non techniques

entrent également en jeu lorsqu'un anesthésiste est confronté à une gestion difficile inattendue des VAS dans l'un ou l'autre des contextes. L'anesthésiologie en tant que spécialité doit prendre en compte l'impact des facteurs environnementaux, techniques et psychologiques sur la performance du praticien. Une meilleure compréhension des facteurs humains impliqués dans une crise de VAS difficiles à gérer est cruciale pour assurer la sécurité des patients, et des recherches supplémentaires sur leur rôle dans la survenue des complications des voies aériennes sont nécessaires [25].

De nombreuses sociétés savantes d'anesthésie ont publié leurs propres guidelines sur la gestion difficile des VAS, notamment la Société française d'anesthésie et de réanimation (SFAR) [200], l'ASA (American Society of Anesthesiologists ) [108], la DAS (Difficult Airway Society ) [105], le CAFG (Canadian Airway Focus Group) [118, 225], la Société italienne d'anesthésie, d'analgésie, de réanimation et de médecine intensive (SIAARTI) [246], la Société allemande d'anesthésiologie et de médecine intensive (DGAI) [247], la Société chinoise d'anesthésiologie [248], et la Société japonaise des anesthésiologistes [249].

À l'exception des guidelines de la DAS, qui se concentrent uniquement sur la prise en charge de l'intubation imprévue difficile, toutes les autres guidelines comprennent également des recommandations pour la prise en charge prévue difficile des VAS [25].

Toutes les sociétés savantes considèrent l'intubation vigile à l'aide d'un fibroscope flexible comme la technique de choix pour gérer l'intubation prévue difficile, et toutes les sociétés ont intégré la cricothyrotomie pour la gestion des situations d'intubation / ventilation impossibles (CICO). La formation et le maintien des compétences avec ces techniques restent donc cruciaux. L'une des modifications apportées aux guidelines mises à jour est le remplacement du masque laryngé par dispositifs supraglottiques et l'ajout de la vidéo-laryngoscopie [250]. Ce n'est probablement qu'une question de temps avant que la vidéo-laryngoscopie ne soit recommandée comme technique de première ligne pour l'intubation trachéale par toutes les sociétés savantes [105, 108, 251, 252]. Même si les différentes guidelines prévoient une fourchette pour le nombre de tentatives d'intubation, la plupart des algorithmes limitent strictement le nombre de tentatives d'intubation. De nombreuses guidelines mettent davantage l'accent sur la communication (par ex, la déclaration d'échec), la stratégie et la planification, plutôt que sur les outils et les dispositifs, ce qui est considéré comme un pas important vers l'amélioration de la sécurité [251, 253].

### a. Les guidelines de la SFAR

La SFAR avait diffusé en 2006 une conférence d'experts « intubation difficile », détaillant largement l'évaluation et la gestion du risque liées à l'intubation difficile et la prévention de l'hypoxémie essentiellement per-procédure. Depuis lors, de nouvelles techniques et connaissances sont disponibles, comme les VL par exemple, et peuvent conduire à modifier les pratiques. En 2017, le groupe d'experts de la SFAR a réactualisé la conférence d'experts de 2006 sous forme de recommandations formalisées d'experts (RFE) [85].

Les principaux axes de cette réactualisation concernent [85]:

1. La préoxygénation et la nécessité de rappeler des bonnes pratiques adaptées à des techniques nouvelles comme l'oxygène à haut débit nasal ;
2. Le positionnement des vl dans la prise en charge d'une id prévue ou non en fonction de la difficulté prévisible de la ventilation au masque facial ;
3. La profondeur de l'anesthésie et la myorelaxation afin de faciliter la ventilation au masque facial et l'intubation trachéale sous couvert de la mise en place de techniques d'oxygénation ;
4. La synthèse pour la prise en charge d'une id prévue ou non avec des algorithmes envisageant :
  - L'évaluation de la difficulté de la ventilation au masque facial,
  - La prise en charge d'une id prévue sans difficulté de ventilation au masque et le positionnement des vl,
  - La prise en charge d'une id prévue avec une difficulté de ventilation au masque et le rappel des techniques d'oxygénation,
  - La prise en charge d'une id imprévue avec ou non une difficulté de ventilation au masque,
  - Enfin la conduite à tenir pour l'extubation trachéale en fonction de la stratification du risque d'échec d'extubation pour sécuriser l'acte et adopter une stratégie préventive d'échec de façon rigoureuse et multimodale.

Dans le cas d'une difficulté prévue, la prise de décision est basée sur la prévisibilité d'une ventilation au masque adéquate et la capacité de maintenir l'oxygénation. En fonction de cette prédiction, l'étape suivante est soit l'induction de l'anesthésie avec apnée ou le maintien de la ventilation spontanée, soit la réalisation d'une intubation vigile. Dans le cas d'une ID inattendue, la prise de décision dépend de l'adéquation de la ventilation au masque facial (figure 51) [25].

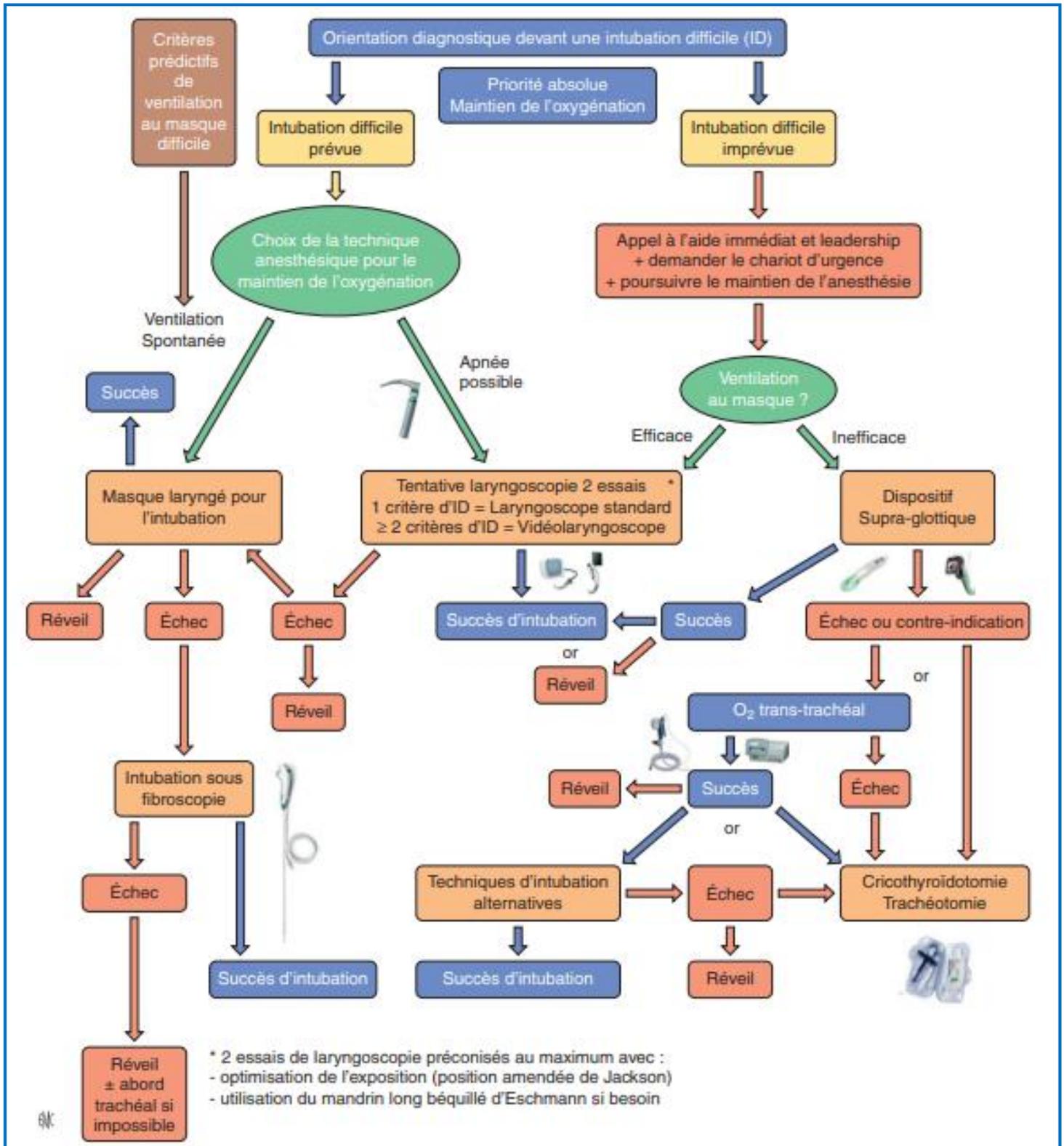


Figure 51. Arbre décisionnel. L'orientation stratégique à adopter face à une situation d'intubation difficile prévue ou imprévue (selon les recommandations SFAR de l'intubation difficile actualisées le 26 octobre 2017) [43].

### **b. Les guidelines de l'ASA**

L'algorithme de l'ASA pour la gestion difficile des VAS a été introduit en tant que guideline de pratique en 1993 [254]. En 2003 puis en 2013, cet algorithme a été modifié en tenant compte de preuves supplémentaires actualisées obtenues à partir de la littérature scientifique et de la technologie et des résultats de nouvelles enquêtes menées auprès de consultants experts ainsi que de membres de l'ASA sélectionnés au hasard (figure 52) [25].

S'il y a de fortes chances que l'intubation et la ventilation au masque soient difficiles, les VAS doivent être sécurisées alors que le patient est encore éveillé plutôt qu'après l'induction d'une AG. Pour réussir une intubation vigile, il est essentiel que le patient et le soignant soient correctement préparés [25].

Si le patient est déjà anesthésié et que l'intubation s'avère difficile, il convient d'éviter de nombreuses tentatives répétées d'intubation forcée, car un œdème et une hémorragie au niveau du larynx se développeront progressivement et la capacité à ventiler les poumons au moyen d'un masque risque d'être compromise [25]. Après échec de plusieurs tentatives d'intubation, il peut être préférable de réveiller le patient et de pratiquer une anesthésie régionale ou, le cas échéant, de poursuivre l'intervention en utilisant la ventilation au masque ou le DSG ou de réaliser une cricothyrotomie semi-élective. Si la capacité de ventiler au masque est compromise, il faut suivre la voie de l'urgence, qui consiste à instaurer immédiatement une ventilation par DSG. Si cette dernière ne permet pas un échange gazeux adéquat, une cricothyrotomie doit être réalisée [25].

L'algorithme de l'ASA met l'accent sur le contexte de salle opératoire, bien qu'il puisse être extrapolé à l'USI, à l'ensemble de l'environnement périopératoire et au-delà. Il s'applique à des patients de tous âges. Il est principalement destiné aux anesthésistes ou personnes fournissant des soins anesthésiques et assurent la gestion des VAS sous la supervision directe d'un anesthésiste [25].

1. Évaluer la probabilité et l'impact clinique des problèmes de gestion de base :

- A. Difficulté de coopération ou de consentement du patient
- B. Ventilation au masque difficile
- C. Mise en place difficile d'une voie aérienne supraglottique
- D. Laryngoscopie difficile
- E. Intubation difficile
- F. Accès difficile aux voies aériennes chirurgicales

2. Rechercher activement les occasions d'administrer de l'oxygène supplémentaire tout au long du processus de gestion des voies respiratoires difficiles.

3. Considérer les mérites relatifs et la faisabilité des choix de gestion de base :

- A. Intubation vigile vs Intubation après induction d'une AG
- B. Approche initiale non invasive de l'intubation vs Approche initiale invasive de l'intubation
- C. Laryngoscopie vidéo-assistée comme approche initiale de l'intubation
- D. Préservation de la ventilation spontanée vs Suppression de la ventilation spontanée

4. Développer des stratégies primaires et alternatives :

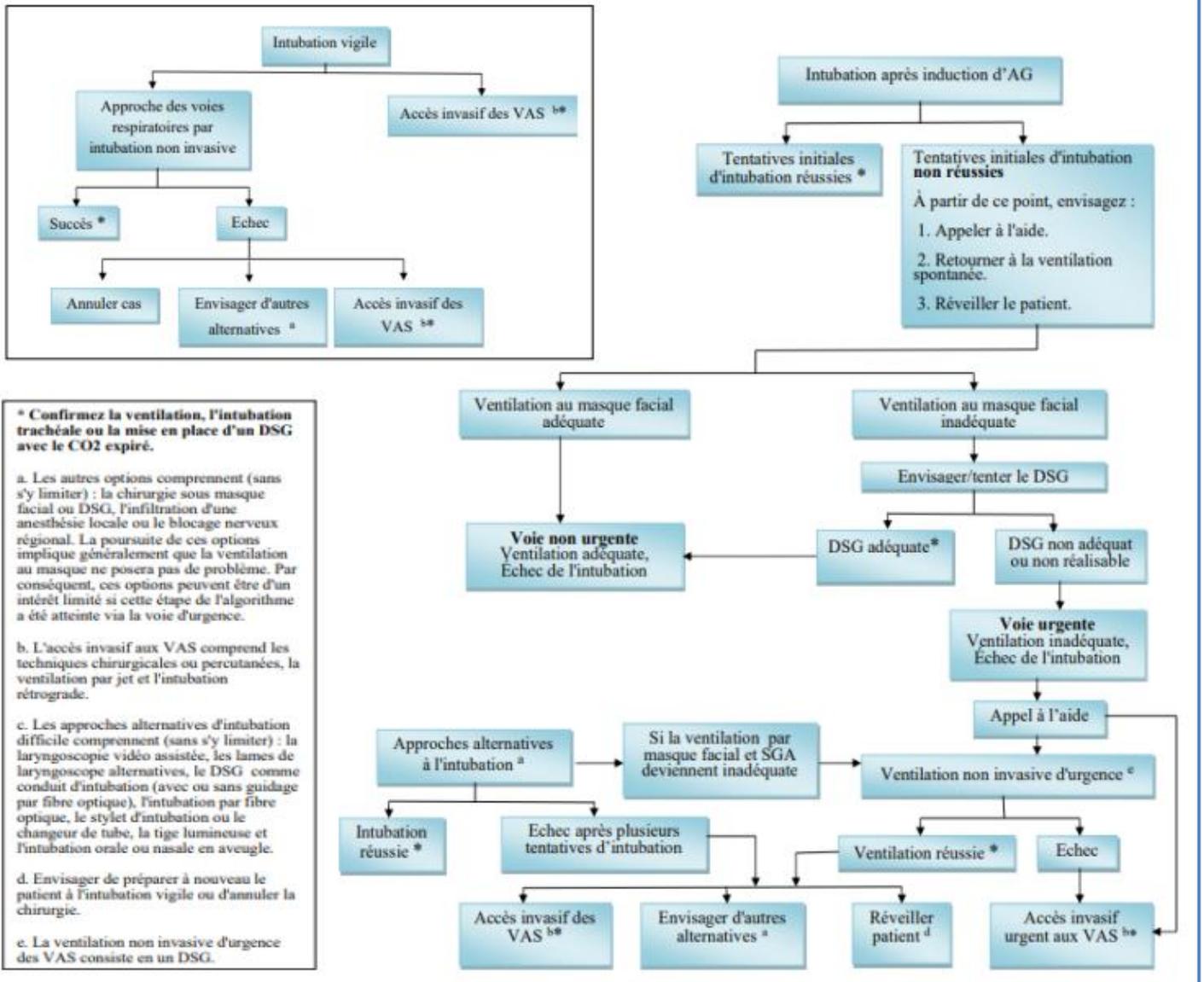


Figure 52. Algorithme de l'ASA des voies aériennes difficiles [108].

### c. Les guidelines de la DAS (Difficult Airway Society)

Contrairement aux guidelines de l'ASA, qui traitent à la fois des difficultés prévus et imprévus, celles de la DAS se concentrent sur la prise en charge des difficultés imprévues. Les nouvelles guidelines de 2015 de la DAS [105] diffèrent de celles originales de 2014 dans la mesure où elles sont plus concises et plus pragmatiques, l'accent étant mis sur la préparation et la responsabilisation du praticien en optimisant les conditions et en minimisant la morbidité du patient dans une situation de VAS difficiles (figures 53-54). La formation des médecins aux dispositifs et techniques alternatifs pour les VAS, y compris l'accès invasif d'urgence, est considérée comme essentielle [255].

Après une tentative d'intubation initiale ratée, la priorité est de rétablir la ventilation, soit par intervention non invasive (par exemple DSG) ou invasive, soit en réveillant le patient. Les tentatives répétées d'intubation ne doivent pas retarder la ventilation. Les nouvelles guidelines favorisent l'utilisation des DSG de deuxième génération dans cette situation, car ils ont des caractéristiques spécifiquement conçues pour réduire le risque d'inhalation et assurer une meilleure étanchéité des VAS. À l'instar des recommandations d'autres sociétés savantes, les nouvelles guidelines de la DAS intègrent l'utilisation de la vidéo-laryngoscopie pour la prise en charge de l'intubation difficile. Bien que toutes les recommandations des sociétés d'anesthésie intègrent la réalisation d'une cricothyrotomie pour la prise en charge de la situation CICO, les nouvelles guidelines de la DAS ne recommandent plus la technique à l'aiguille [25]. Il existe des guidelines de la DAS distinctes pour les populations pédiatriques [256] et obstétricales [257], ainsi que pour l'extubation [258].

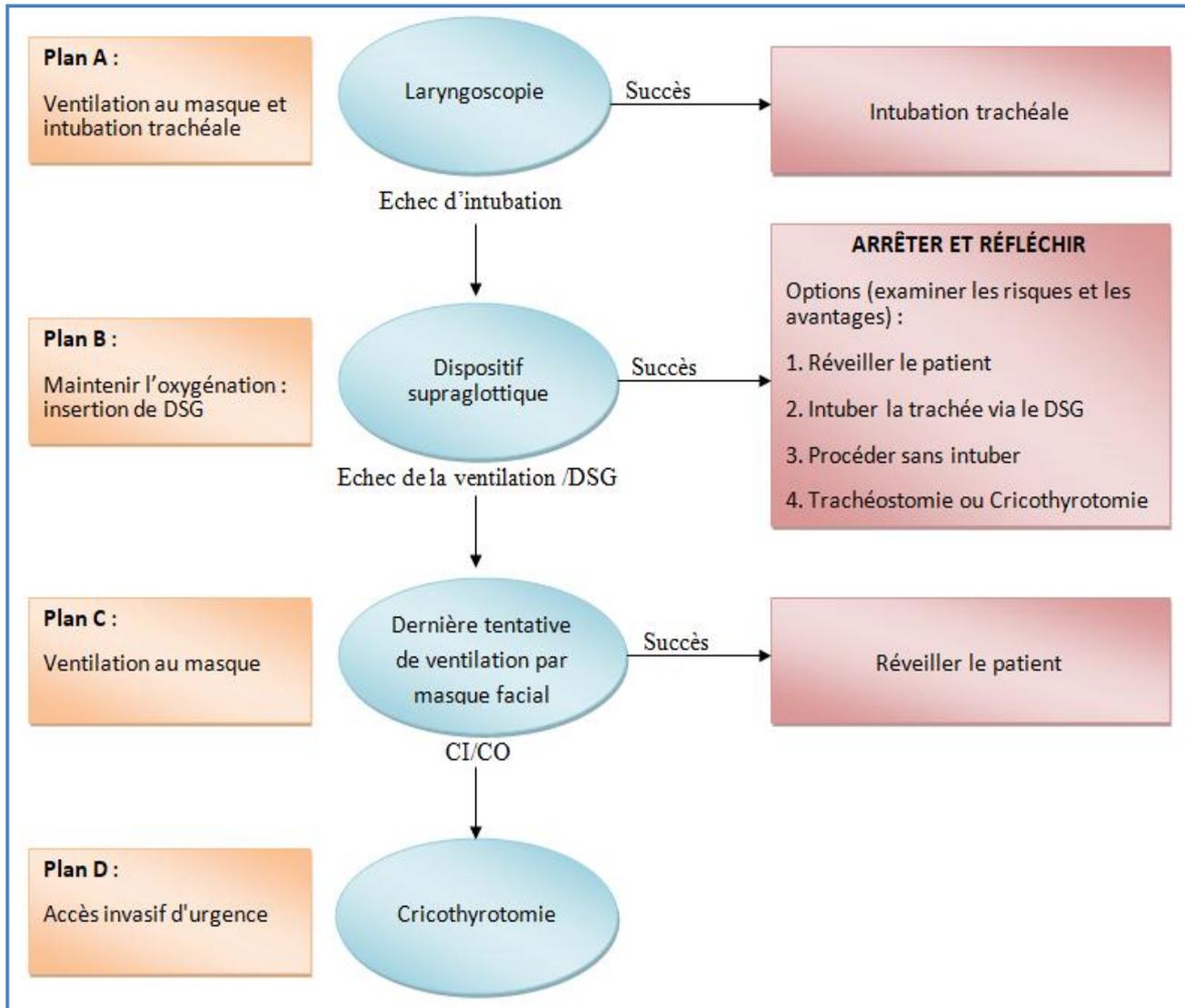


Figure 53. Guidelines sur l'intubation difficile de la DAS - vue d'ensemble [105].

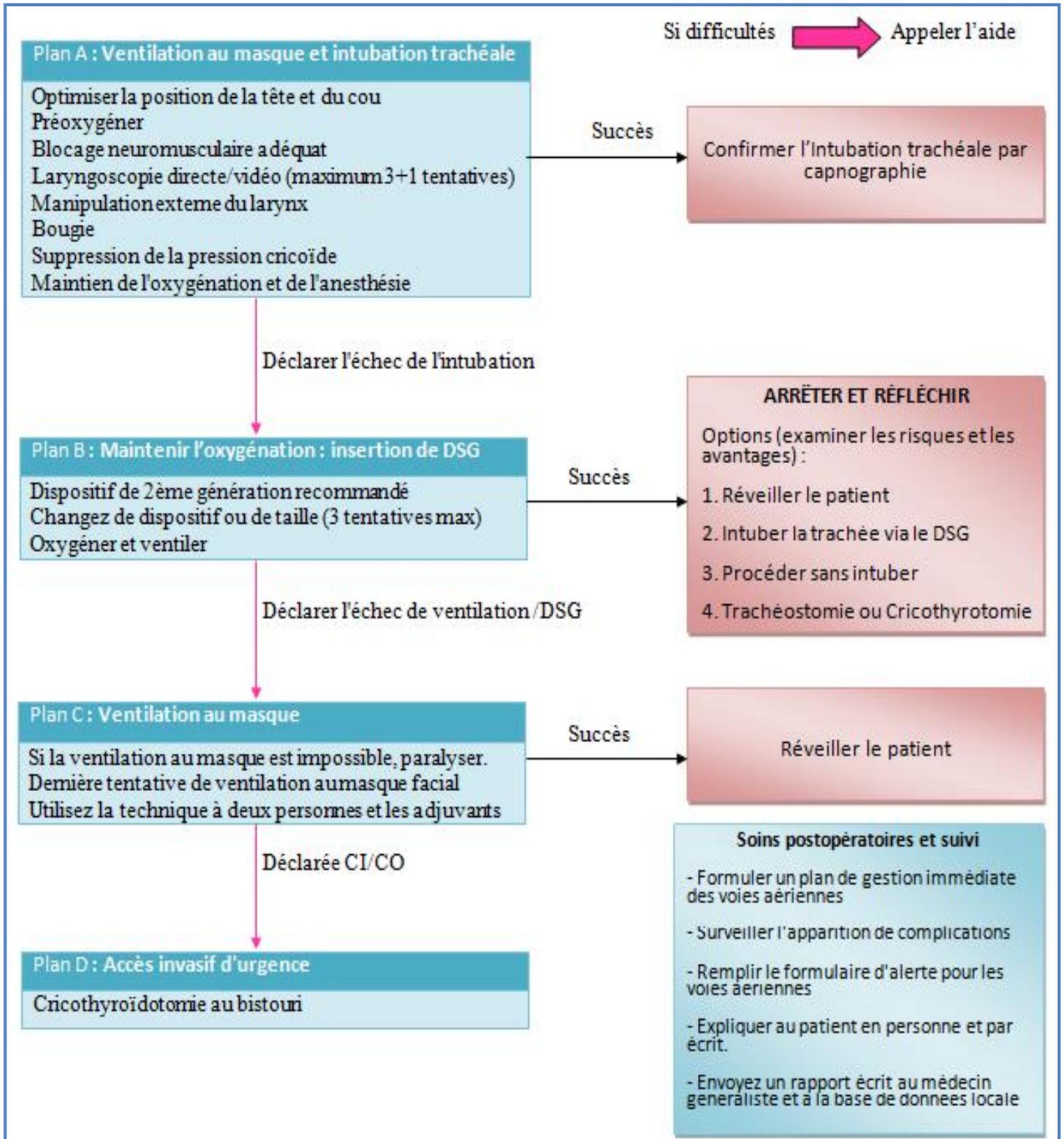


Figure 54. Gestion de l'intubation difficile imprévue chez l'adulte, Guidelines de la DAS [105].

### **d. Guidelines du CAFG (Canadian Airway Focus Group)**

Le CAFG a initialement publié des recommandations pour la gestion imprévue difficile des VAS en 1998. Les recommandations mises à jour de 2013 comprennent maintenant des guidelines pour la gestion prévue difficile [118, 225]. Une autre différence remarquable est que l'accent n'est plus mis sur les outils et les dispositifs, mais plutôt sur une bonne planification et une bonne communication [253].

L'algorithme de l'ID imprévue rencontrée chez un patient inconscient est simple et plus ou moins explicite (figure 55). Si la première tentative d'intubation échoue (Plan A), la décision suivante, et probablement la plus importante, est de savoir si l'oxygénation par masque facial ou DSG est possible ou non. Si c'est le cas, les guidelines recommandent jusqu'à deux autres tentatives d'intubation (plan B) ; si l'intubation est toujours impossible, il faut choisir une "stratégie de sortie", telle que le réveil du patient, la poursuite de la ventilation par masque facial ou DSG, l'obtention de l'aide d'un expert pour une nouvelle tentative d'intubation ou, dans de rares cas, une cricothyrotomie /trachéostomie. Si l'oxygénation ne peut être assurée, la voie de la "stratégie d'urgence", qui implique une cricothyrotomie, doit être suivie [25].

Au début de l'algorithme pour l'ID prévue (figure 56), le clinicien doit décider si l'intubation peut être effectuée en toute sécurité après l'induction de l'AG ou si elle serait réalisée de manière plus sûre chez le patient éveillé. À cet égard, 2 questions doivent être abordées : Si l'AG est induite, l'intubation trachéale est-elle susceptible de réussir avec la ou les techniques choisies, et si l'intubation échoue, l'oxygénation par masque facial ou DSG réussira-t-elle ? Si la réponse à ces deux questions est positive et qu'il n'existe pas d'autres problèmes liés au patient ou au contexte, tels que l'obstruction des VAS, le risque de désaturation rapide et/ou d'inhalation après une perte de conscience, et si un clinicien compétent dans la ou les techniques prévues et l'équipement nécessaire sont disponibles, l'intubation après l'induction de l'AG peut être envisagée. Toutefois, s'il existe un risque important d'échec de l'oxygénation après l'induction de l'AG, une technique d'intubation vigile doit être envisagée. Dans les situations où une intubation vigile n'est pas possible, par exemple en cas de manque de coopération du patient, il faut envisager une induction avec une intervention "double set-up", ce qui signifie la disponibilité immédiate d'un équipement et d'un personnel capable de réaliser une intervention chirurgicale sur les voies aériennes, en cas d'échec de l'oxygénation [25].

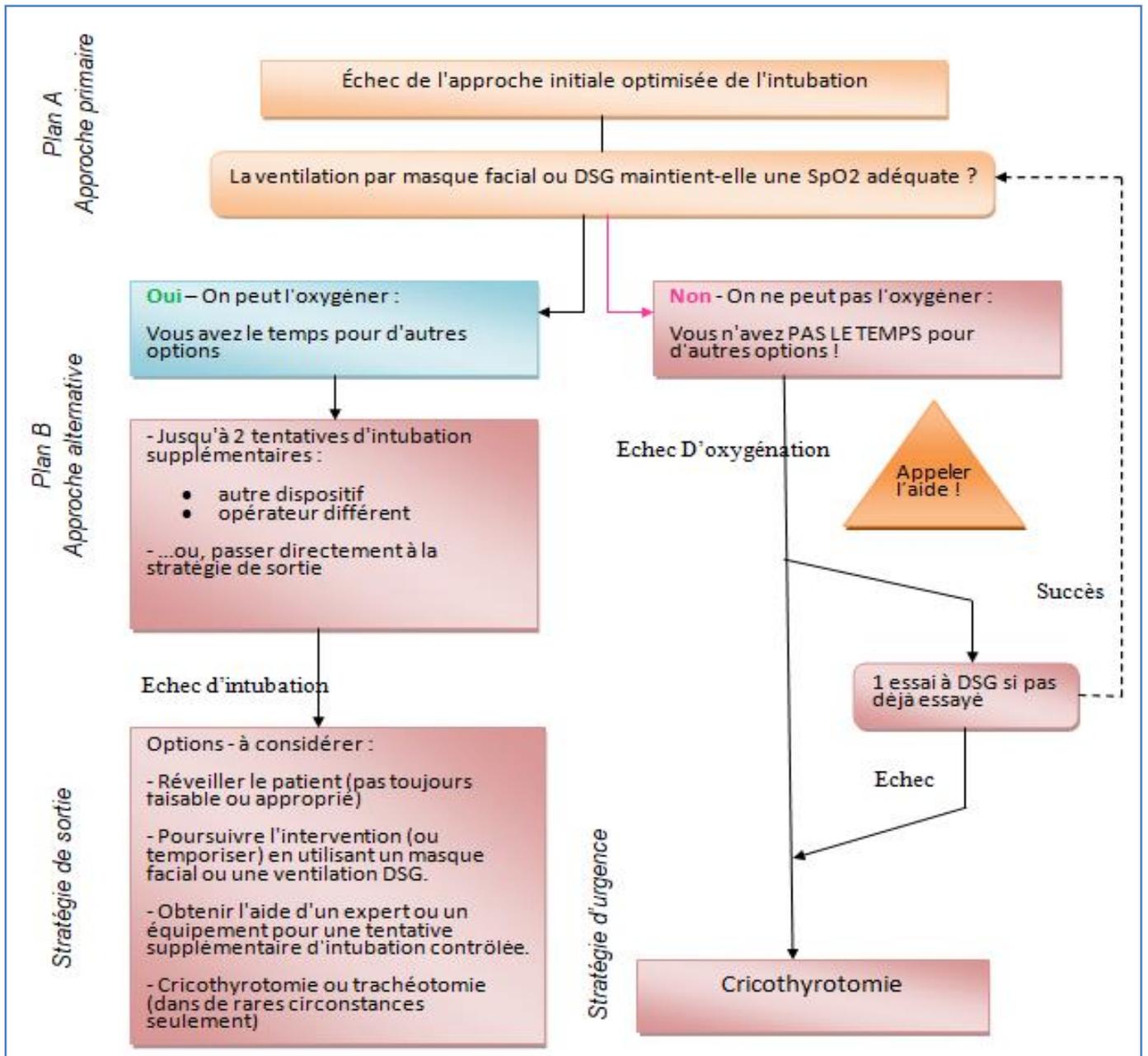


Figure 55. Algorithme du CAFG pour l'intubation trachéale difficile rencontrée chez le patient inconscient [225].

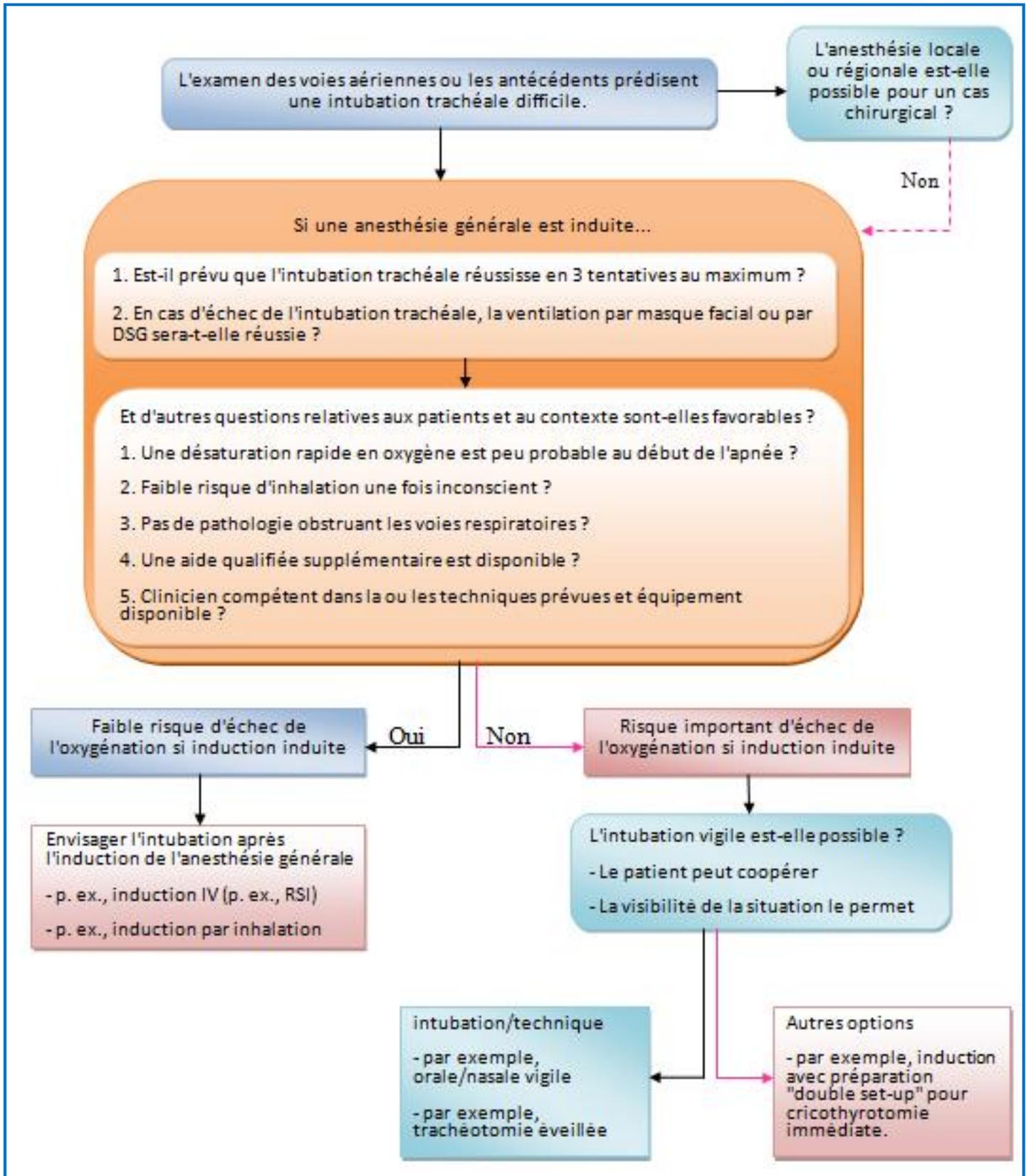


Figure 56. Algorithme du CAFG pour l'intubation trachéale prévue difficile [118].

## VII. Extubation

Le réveil et l'extubation sont des périodes à risque. Les problèmes liés à l'extubation (sonde d'intubation ou DSG) ont des conséquences graves avec un taux de séquelles important comme l'atteste l'étude des dossiers des patients ayant fait l'objet d'une plainte aux États-Unis [259] ou au Royaume-Uni [260]. L'utilisation d'un algorithme dédié permet de limiter l'incidence de ces complications [261]. La conférence d'experts / intubation difficile (CE/ID) de 2006 a défini les critères d'extubation et proposé de gérer les situations à risque en appliquant un algorithme d'extubation incluant des critères d'extubation difficile [261].

Dans une enquête prospective sur les incidents en relation avec la gestion des voies aériennes, trente-huit incidents sont survenus après l'extubation en fin d'intervention [46]. Quatre facteurs étiologiques étaient rapportés : le laryngospasme, la morsure du tube à l'origine d'une anoxie ou d'un œdème à pression négative, le caillot obstructif et l'œdème cervical après position de Trendelenburg prolongée. Seize cas sur trente-huit sont survenus dans un contexte de chirurgie ORL. Ce type d'enquête s'est focalisé sur les voies aériennes sans tenir compte du contexte médical (insuffisance respiratoire ou cardiaque en particulier).

Les experts recommandent de rechercher les facteurs de risque d'échec avant extubation afin de pouvoir adapter la prise en charge car la réintubation est source de surmorbidity et de surmortalité. L'épidémiologie des réintubations postopératoires reconnaît comme facteurs de risque :

- La curarisation résiduelle [262];
- Des facteurs humains évitables (inexpérience, absence de procédures...);
- Des facteurs médicaux qui limitent des réserves de l'organisme (cardiaque ou respiratoire);
- L'obstruction des voies aériennes [263].

Des études récentes ont quantifié les facteurs de risque [264-266]. Elles sont monocentriques et plusieurs facteurs de risque dépendent fortement de la patientèle de chacun des établissements et du type de chirurgie pratiquée. Globalement, les facteurs de risque généraux sont dominés par l'insuffisance cardiaque et/ou la BPCO. La dénutrition joue également un rôle. L'existence d'une intubation difficile préalable n'est pas notée dans ces études, mais doit être prise en compte [85].

La liste des chirurgies à risque incluse [85] :

- La chirurgie lourde : chirurgie vasculaire, transplantation, neurochirurgie, chirurgie thoracique, chirurgie cardiaque ;
- La chirurgie tête et cou : voies aériennes, chirurgie cervico-faciale ;
- La chirurgie de longue durée (> 4 heures) en position déclive avec remplissage vasculaire sans monitoring et sonde de diamètre important (sonde d'intubation à ballonnet de taille > 7,5 mm).

Le risque d'obstruction des VAS est à prendre en compte. Le test de fuite n'est pas reconnu comme fiable en anesthésie, contrairement aux recommandations en réanimation.

L'extubation trachéale d'un patient doit être réalisée quand la réversibilité des médicaments de l'anesthésie est suffisante et que les paramètres physiologiques sont stables et satisfaisants.

Les conditions de sécurité pour extuber la trachée d'un patient sont :

- Le TOF quantitatif est > 90 % [267]. L'absence d'un signal fiable (défaut de calibration, mouvements du patient, capteur défectueux... [268]) doit faire poser la question de l'antagonisation systématique ;
- La respiration spontanée régulière assurant des échanges gazeux satisfaisants ;
- Les conditions hémodynamiques satisfaisantes ;
- Le patient éveillé (ouverture des yeux/réponse aux ordres/sans agitation) sauf si décision d'extuber un patient sous anesthésie (pour éviter la toux par exemple) ;
- L'absence de risque immédiat de complication chirurgicale.

La littérature ne précise pas le seuil de température centrale à partir duquel il est déconseillé d'extuber un patient.

Les experts recommandent de suivre une stratégie rigoureuse pour extuber un patient qui consiste à [258]:

- Utiliser un algorithme permettant d'identifier les situations à risque (algorithme extubation) ;
- Extuber en position demi-assise (obèses/saos) ou décubitus latéral si doute sur la vacuité gastrique ;
- Dégonfler le ballonnet à l'aide d'une seringue [269];
- Aspirer dans la bouche en évitant les aspirations endotrachéales pendant le retrait de la sonde proprement dit ;
- Aspirer dans la bouche en évitant les aspirations endotrachéales qui exposent aux atélectasies (pas de publication dans le contexte) ;

- Prévenir les morsures de la sonde d'intubation ou du masque laryngé, avant l'extubation, y compris pendant le transport de salle d'opération en SSPI [270] ;
- Administrer une  $FiO_2 = 1$  et retirer le tube en pression positive, en fin d'inspiration pour limiter le risque d'atélectasies. Une ventilation protectrice permet de prévenir la formation des atélectasies après chirurgie abdominale et thoracique [271], cela n'est pas démontré en chirurgie cardiaque [272]. En revanche, une manœuvre de recrutement effectuée 30 minutes avant l'extubation suivie d'une CPAP n'améliore pas l'oxygénation après extubation [273] ;
- oxygéner et contrôler immédiatement la reprise d'une ventilation spontanée de qualité après l'extubation, en particulier par le capnographe. La présence de deux professionnels de santé, avec un médecin anesthésiste disponible sans délai, évite les incidents graves lors de l'extubation : coma ou arrêt cardiaque [274].

En présence de facteurs de risque de difficultés d'extubation, les mesures préventives sont :

- Organiser un leadership permettant de dérouler l'algorithme de façon coordonnée et rapide ;
- N'envisager l'extubation que si le matériel d'oxygénation et/ou de réintubation est disponible et en présence de deux personnes dont un médecin anesthésiste réanimateur [274] ;
- Bien peser l'indication de l'extubation et adopter avec les opérateurs une attitude consensuelle :
  - Extubation différée pour s'assurer qu'elle est réalisable (test de fuite non validé dans le contexte de l'anesthésie, validé en réanimation, visualisation glottique) : monitoring jusqu'à l'extubation (spo2, capnographe, spirométrie, monitoring neuromusculaire),
  - Trachéotomie : cette indication dépend du risque d'obstruction des voies aériennes et des réserves cardiorespiratoires du patient. Cette décision est donc partagée entre le chirurgien et le médecin anesthésiste réanimateur, en particulier en chirurgie cervico-faciale,
  - Extubation sur guide échangeur creux ou matériel dédié (kit d'extubation trachéale) qui ont montré leur efficacité pour des réintubations survenant dans les 10 heures après la chirurgie [273]. Cette technique peut se compliquer de lésions traumatiques et la présence de ce guide ne doit pas excéder 24 heures. Cette technique reconnaît des échecs de l'ordre de 7 à 14 % [275, 276]. Ces échecs

surviennent surtout avec des guides de petits diamètres ; la réintubation est facilitée par la laryngoscopie, classique ou vidéo-laryngoscope [277]. L'oxygénation à travers le guide peut être dangereuse surtout si elle utilise la jet-ventilation en mode manuel sans respecter des règles simples, petits volumes courants, fréquence respiratoire basse, optimisation de l'expiration visant à prévenir le risque de barotraumatisme ; elle ne doit être recommandée qu'en cas d'extrême urgence. Ceci a été encore souligné plus récemment [278] ;

- Déterminer un lieu de surveillance adapté au risque : réanimation, unité de soins continus ou service de chirurgie si le risque est estimé faible ;
- Transmettre de façon écrite le risque et la conduite à tenir [279] ;
- Considérer le risque d'inhalation post-extubation très rare en postopératoire [280] ;
- Maintenir l'oxygénation : en position assise, sous oxygénothérapie, voire sous VNI.

Le patient doit être informé, ultérieurement et de façon écrite, des circonstances et des raisons des difficultés d'extubation rencontrées.

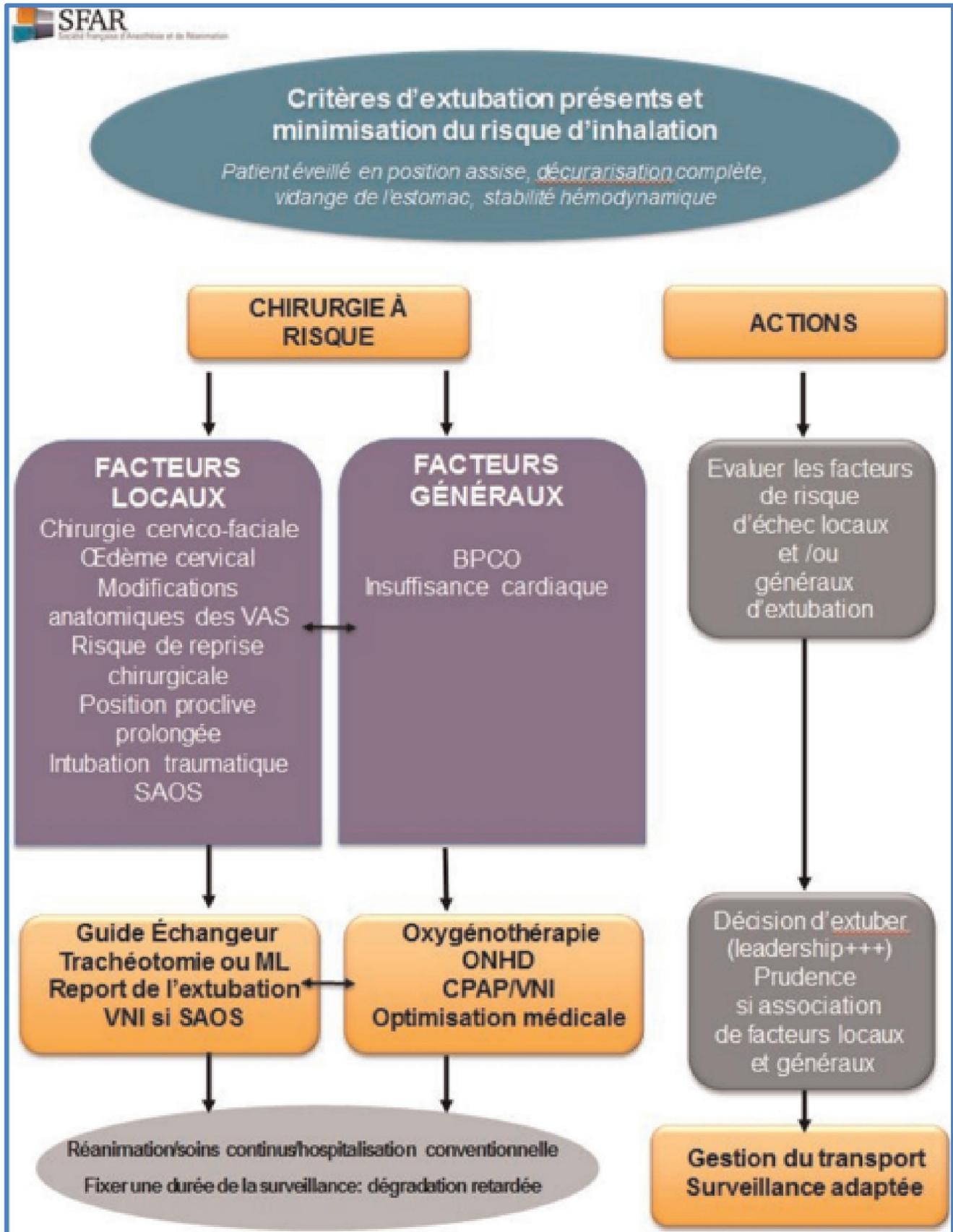


Figure 57. Algorithme d'extubation de la SFAR [85].

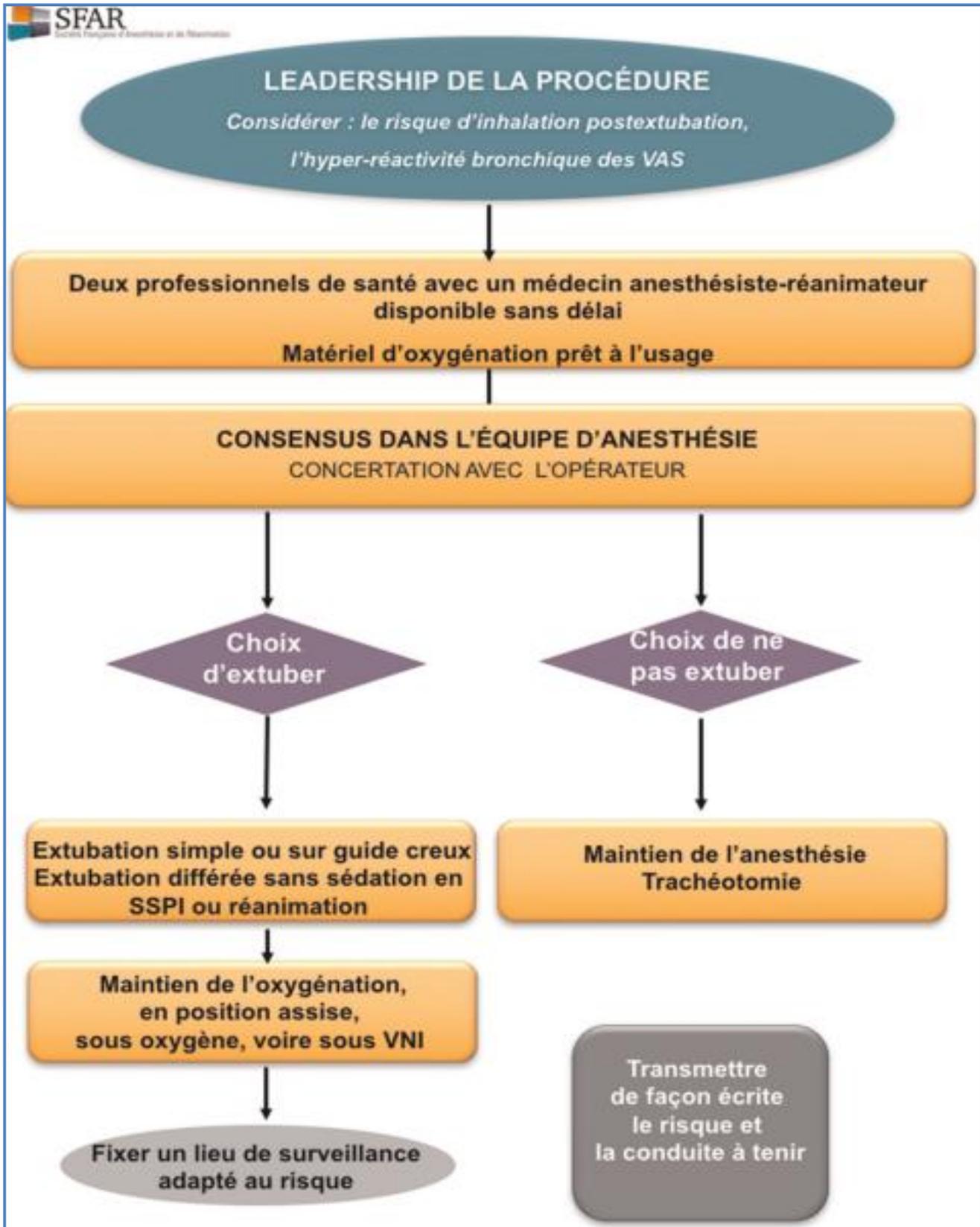


Figure 58. Algorithme d'extubation de la SFAR [85].

## **VIII. Situations particulières**

### **1. Gestion des VAS chez l'enfant**

Les enfants sont anesthésiés dans tous les types de structures hospitalières par des médecins anesthésistes-réanimateurs dont l'expérience en anesthésie pédiatrique est variable [281]. La gestion des VAS de l'enfant lors d'une AG fait partie des prises en charge majeures de la pratique clinique en anesthésie-réanimation nécessitant d'en connaître les particularités anatomiques, physiologiques ainsi que les moyens de maîtrise d'une éventuelle complication [14]. Les données européennes récentes de l'étude APRICOT ont confirmé qu'à l'heure actuelle, plus de 50 % des événements critiques périopératoires de l'enfant sont encore d'origine respiratoire [282]. Une amélioration de la prise en charge des VAS devrait diminuer la morbi-mortalité en anesthésie pédiatrique. De nouvelles techniques et connaissances sont apparues dans ce domaine d'anesthésie-réanimation, qui sont de nature à modifier significativement les pratiques : émergence de nouveaux équipements (sonde à ballonnet basse pression, DSG), les nouveaux concepts d'induction à séquence rapide, l'utilisation ou non de curare lors de l'intubation [283].

#### **a. Morbidité liée aux VAS en anesthésie pédiatrique et facteurs de risque identifiés**

L'avènement du sévoflurane dans les années 1990 a permis de réduire la part médicamenteuse des arrêts cardiaques, projetant les complications respiratoires comme première cause d'arrêt cardiaque périopératoire chez l'enfant [284]. L'étude multicentrique APRICOT a permis de mieux identifier les risques liés au patient, à l'expérience de l'opérateur et aux techniques d'anesthésie utilisées, pour les événements respiratoires sévères [282]. Dans cette vaste étude, l'incidence des événements respiratoires sévères était de 3,1 % (IC 95 % : 2,9–3,3). Les incidences du laryngospasme sévère et du bronchospasme étaient identiques, à 1,2 % (1,1–1,3). Un stridor était rapporté chez 1,1 % (0,9–1,3) des enfants intubés et 0,7 % (0,6–0,8) de la population générale. L'hypoxémie peut survenir pour des événements respiratoires moins sévères et est donc plus fréquente (10 %) [285]. L'incidence élevée d'événements respiratoires retrouvée dans l'étude APRICOT pour l'enfant de 1 à 3 ans, renforce le principe de vigilance concernant les structures et les équipes à qui ces « petits » enfants sont confiés.

D'autres facteurs liés au patient participent à une augmentation du risque d'événements respiratoires sévères : une hypersensibilité des voies aériennes (RR x 2,2), la condition de l'enfant (prématurité, ASA III ou IV, ronflement, fièvre : RR x 1,2). En 2010, dans une étude de cohorte monocentrique australienne sur près de 10 000 enfants, centrée sur les événements respiratoires, les antécédents d'asthme ou équivalent multipliaient par 8 le risque de

bronchospasme et par 4 le risque de laryngospasme [285]. De la même façon, une infection actuelle ou récente des VAS (< 2 semaines) multipliait par 2 ce même risque. Le tabagisme parental et la notion d'asthme familial ou de l'enfant multipliaient eux aussi par 3 le risque de laryngospasme, bronchospasme ou de désaturation [14].

La technique et le matériel anesthésique influent sur l'incidence des événements respiratoires périopératoires chez l'enfant, indépendamment de l'expérience de l'anesthésiste. Si l'induction inhalatoire est très répandue en anesthésie pédiatrique, pour éviter à l'enfant le stress d'une ponction veineuse, deux études soulignent un sur-risque respiratoire par rapport à l'induction intraveineuse, (3,6 vs 2,2 %, RR x 1,22) (laryngospasme : 7 % vs 2 %, bronchospasme : 3 % vs 1 %) [282, 285], indépendamment des autres facteurs. Dans ces 2 études, et conformément aux études précédentes, le risque d'évènements respiratoires était augmenté lors de l'utilisation d'une sonde d'intubation comparativement au masque facial (RR x 3) [286].

### **b. Évaluation préopératoire**

Lors de la consultation d'anesthésie, deux critères respiratoires principaux doivent être recherchés : les critères prédictifs d'intubation difficile et les facteurs favorisant d'évènements respiratoires périopératoires.

Les critères d'ID chez l'enfant sont différents de ceux utilisés chez l'adulte. La conférence d'experts de la SFAR de 2006 mentionnait [171] : « Chez l'enfant, la classification de Mallampati n'est pas validée (grade E). Les critères prédictifs d'une ID sont une dysmorphie faciale, une DTM < 15 mm chez le nouveau-né, 25 mm chez le nourrisson et < 35 mm chez l'enfant de moins de 10 ans, une ouverture de bouche inférieure à trois travers de doigt de l'enfant et un ronflement nocturne avec ou sans SAOS (grade E) ». En effet, en l'absence de dysmorphies faciales et de rétrognathisme prononcé, qu'il est difficile de ne pas repérer à l'examen clinique, l'incidence de l'ID imprévue est à peine de 1 pour 1000. Cette incidence est largement majorée chez le nourrisson et le nouveau-né, ainsi qu'entre les mains d'anesthésistes non expérimentés en pédiatrie (3 à 5 %). Les autres critères retrouvés d'ID chez l'enfant, dans la principale étude évaluant 11 219 procédures, étaient un score de Mallampati III/IV, une obésité et la chirurgie cardiaque et maxillo-faciale [287].

Comme évoqué précédemment, une infection récente des VAS favorise la survenue d'évènements respiratoires [282, 285]. Ces infections, virales dans 90 % des cas, étant très fréquentes, la question posée à l'anesthésiste est celle de récuser la chirurgie, et si oui, pour quelle durée. Il apparaît que plus l'expérience de l'anesthésiste augmente, plus celui-ci a tendance à récuser l'enfant, dans le cadre d'une chirurgie non urgente [288]. Les critères de

report sont la fièvre, une toux productive, une auscultation pulmonaire anormale (râles bronchiques ou sibilants). Le délai de report de l'intervention est alors de 3 à 4 semaines en moyenne. L'enfant qui présente un simple encombrement nasal doit être évalué en fonction de son état basal (asthmatique ou pas) et de l'importance de la chirurgie. Les modalités d'induction et d'entretien de l'AG chez l'enfant enrhumé ne sont pas définies. L'administration de sévoflurane a un intérêt sur la bronchodilatation, mais l'induction inhalatoire est ralentie par l'obstruction des VAS. Le desflurane doit être évité chez l'enfant enrhumé [289].

### **c. Préoxygénation et oxygénation chez l'enfant**

Pour les raisons abordées précédemment, la survenue d'une hypoxémie est d'autant fréquente et rapide que l'enfant est petit, enrhumé et que la durée d'apnée est prolongée [290]. La durée de préoxygénation nécessaire est inversement proportionnelle à l'âge de l'enfant. Ainsi, on atteint une  $FeO_2 > 90\%$  en moins d'une minute chez le nourrisson versus 2 minutes chez l'enfant d'âge préscolaire [291]. Cette rapidité d'apparition d'une hypoxémie lors d'une apnée de courte durée chez le jeune enfant a fait modifier l'induction en séquence rapide dans de nombreux pays, qui recommandent une ventilation à basse pression en attendant l'installation de la curarisation [292, 293]. Hors situation à risque comme l'obèse ou l'estomac plein, l'utilisation d'une fraction expirée d'oxygène de 80 % semble un compromis accepté par la majorité des anesthésistes pédiatres, entre la durée d'apnée sans hypoxémie et l'apparition d'atélectasies favorisée par l'hyper-oxygénation [294].

### **d. Contrôle des voies aériennes chez l'enfant**

La stratégie de contrôle des VAS doit tenir compte du terrain (âge de l'enfant, pathologie sous-jacente, critères d'intubation difficile, enfant enrhumé, etc.) et de la chirurgie (nature, durée, position opératoire) [14].

#### ***Le masque facial***

Le masque facial est sans doute la meilleure interface de ventilation chez l'enfant, car associée au risque le plus faible d'évènements respiratoires [285]. Toutefois, l'anesthésie dite « au masque » est réservée aux chirurgies programmées (jeûne respecté) de courte durée, en ventilation spontanée avec aide ou pas. Dans tous les autres cas, il est relayé par un autre dispositif de ventilation (sonde d'intubation ou DSG) [14].

#### ***L'intubation trachéale***

Elle permet un contrôle efficace et stable des VAS. Ses indications sont larges chez l'enfant. Les sondes à ballonnet ont supplanté les sondes sans ballonnet lorsqu'il a été démontré que l'incidence des complications laryngo-trachéales de ces deux types de matériel était

comparable. Cette étude retrouvait notamment une diminution du nombre de réintubations pour obtenir la sonde du calibre le mieux adapté. Par ailleurs, les fuites autour de la sonde d'intubation sont définitivement moins importantes [295]. En revanche on manque de données concernant la diminution du risque d'œdème sous-glottique, de diminution du risque d'inhalation gastrique, ou de diminution de la pollution [296]. Enfin, le Groupe européen d'études sur l'intubation endotrachéale pédiatrique recommande de ne pas utiliser de sonde à ballonnet chez les enfants d'un poids inférieur à 3 kg [297]. Les sondes trachéales à ballonnet utilisées doivent impérativement être pourvues de ballonnets dits « haut volume et basse pression », même si leur compliance peut être prise en défaut. Les bonnes pratiques exigent que la pression du ballonnet soit monitorée afin de maintenir une pression inférieure à 20 cmH<sub>2</sub>O. La pression du ballonnet n'étant pas constante au cours de l'anesthésie, en particulier lors de l'usage de protoxyde d'azote, il convient de la contrôler [14]. Le choix de la taille de la sonde a pour but d'assurer une étanchéité correcte des VAS tout en évitant les complications laryngo-trachéales. Plusieurs formules ont été proposées selon la présence ou non d'un ballonnet, en fonction de l'âge ou du poids [298]. La formule de choix de taille du diamètre interne est :  $\text{âge (années)}/4 + 3,5$ , (à partir de 2 ans). Un frottement devra faire proposer une taille inférieure [14].

L'intubation sans curare, pratique courante en anesthésie pédiatrique, est très majoritaire (92 %), notamment en France [281]. L'utilisation de curare est toutefois justifiable chez l'enfant. En effet, on note l'amélioration des conditions d'intubation lors de l'adjonction d'un curare, par rapport aux techniques utilisant des associations sévoflurane-morphinique ou propofol-morphinique [299], ainsi qu'une diminution des événements respiratoires mentionnée dans les 3 principales études de cohorte s'intéressant aux complications respiratoires chez l'enfant [282, 285]. Les vidéolaryngoscopes ont tardé à trouver leur place en anesthésie pédiatrique. Toutefois, inutiles en pratique courante [300], ils améliorent très significativement les conditions d'intubation et le taux de succès chez des enfants ayant une forte probabilité d'ID (82 % vs 21 %) [301]. Absents pour l'instant des algorithmes d'ID imprévue [256], leur utilisation se justifierait en première intention dans l'ID prévue dès lors que l'oxygénation n'est pas compromise. Cependant, un VL ne doit pas être utilisé si ouverture buccale ne permettant pas l'introduction du dispositif, rachis cervical fixé en flexion ou obstacle des VAS avec stridor. En cas de risque avéré d'hypoxémie, le VL ne peut pas se substituer à un DSG [283].

### *Le dispositif supraglottique*

Le masque laryngé ML a un champ d'application large en anesthésie pédiatrique. C'est la principale alternative à l'intubation trachéale pour la ventilation contrôlée, et permet à l'anesthésiste d'avoir les mains libres, dans une comparaison au masque facial en ventilation spontanée. Comparé à l'intubation, le ML est considéré comme moins traumatique, avec une insertion plus aisée ne nécessitant pas de curare mais une anesthésie suffisamment profonde. De plus, une aide inspiratoire ainsi qu'une PEP peuvent être instaurées chez l'enfant anesthésié ce qui permet de réduire le travail respiratoire et aussi de limiter la constitution d'atélectasies. Dernièrement, une étude randomisée contrôlée, comparant la sonde d'intubation et le ML chez 181 nourrissons (âgés de 2 à 12 mois) bénéficiant d'une chirurgie mineure, a montré une diminution significative du nombre d'effets indésirables respiratoires périopératoires dans le groupe « ML » [302]. Le risque relatif de ces effets indésirables était multiplié par 2,94 dans le groupe « sonde d'intubation ». Le risque relatif de laryngospasme et bronchospasme était quant à lui multiplié par 5 dans ce même groupe. Cette supériorité du ML sur l'intubation ne doit pas faire oublier les risques de déplacement peropératoire, et la survenue d'évènements respiratoires lors du retrait du ML (5 à 10 % des cas) [285]. Pour ces raisons, la SFAR recommande d'utiliser un DSG plutôt qu'une sonde d'intubation en cas de chirurgie superficielle programmée de courte durée afin de diminuer l'incidence des laryngospasmes et des hypoxémies lors du retrait du dispositif, cependant, il n'y a pas d'argument en faveur du retrait du DSG chez l'enfant sous anesthésie profonde ou totalement réveillé [283]. Il faut toutefois veiller à limiter à 40 cmH<sub>2</sub>O et surveiller la pression dans les DSG gonflables à l'aide d'un manomètre [283] pour limiter les douleurs oro-pharyngées et enrouements post-opératoires. Les contre-indications du ML sont identiques chez l'adulte et l'enfant (estomac plein, hernie hiatale, toute situation à risque de pression intra-abdominale élevée, Tredelenbourg). Pour le retrait du ML, il n'existe pas de stratégie limitant significativement les évènements sévères [14].

#### **e. L'intubation difficile de l'enfant**

L'incidence de l'ID imprévue chez l'enfant est très rare car elle est dans la très grande majorité des cas prévisible. Les pathologies à risque d'ID sont les dysmorphies craniofaciales (fentes labio-maxillo-palatines, syndromes avec hypoplasie mandibulaire, craniosténoses avec atteinte faciale), les maladies de surcharge (mucopolysaccharidoses), les maladies inflammatoires avec atteinte rhumatologique (arthrite chronique juvénile), les malformations vasculaires, les tumeurs cervico-faciales, les rétractions cutanéomuqueuses (brûlures,

épidermolyse bulleuse) [14].

Les algorithmes d'ID prévue rappellent les mêmes principes [171, 256] :

- 1/accès veineux sécurisé ;
- 2/maintien d'une ventilation spontanée ou ventilation au masque efficace ;
- 3/accès rapide à une technique d'oxygénation en cas de perte de ventilation ;
- 4/aide présente et algorithme connu.

La fibroscopie a une place de choix. Difficilement réalisable chez un enfant vigile, elle est pratiquée sous sédation avec maintien de la ventilation spontanée, sous sévoflurane. C'est la méthode de référence et elle peut être couplée à une anesthésie locale (lidocaïne jusqu'à une dose maximale de 3 mg/kg). Les vidéo-laryngoscopes doivent être préférés à la laryngoscopie directe dans cette indication. Le mandrin d'Eschmann est disponible en plusieurs tailles jusqu'au modèle acceptant une sonde trachéale de 3 mm de diamètre interne. En cas d'intubation impossible, un DSG doit être envisagé. Le masque laryngé pour intubation (MLI type Fastrach®) est utilisable chez des enfants de plus de 30 kg ; en dessous de ce poids, un masque laryngé est utilisé mais l'intubation, si elle est indispensable, ne peut s'envisager à travers celui-ci que sous fibroscopie, et pour des enfants de plus de 3 ans. En cas de sauvetage nécessaire, il faut privilégier l'abord chirurgical par un ORL à l'abord trans-trachéal, surtout chez le nourrisson. Toutefois, bien que la conférence d'experts ne conseille pas l'oxygénation trans-trachéale ni la cricothyroïdotomie chez le très jeune enfant, ces techniques peuvent être la seule alternative en cas de ventilation impossible et d'inaccessibilité à une trachéotomie chirurgicale en urgence [14].

### **f. Extubation**

Toute ID ou toute chirurgie ayant modifié la configuration anatomique des VAS de l'enfant implique une extubation à risque. Cette phase critique doit elle aussi s'accompagner d'une évaluation, d'un environnement « de bloc opératoire » et d'un algorithme décisionnel incluant l'utilisation large de guide échangeurs creux [303].

Concernant l'extubation à l'éveil complet, les critères conventionnels d'extubation (respiration spontanée, régulière, pas de tirage, volume courant  $\geq 5-8$  mL/kg, fréquence respiratoire 12–25 c/ min, décurarisation complète, SpO<sub>2</sub>  $\geq 95$  % avec FiO<sub>2</sub>  $\leq 50$  %, PEP  $\leq 5$  cmH<sub>2</sub>O, PaO<sub>2</sub>  $> 60$  mmHg, PaCO<sub>2</sub>  $< 50$  mmHg, obtention d'une réponse verbale et motrice aux ordres simples, réflexe de déglutition récupéré) peuvent être adaptés chez l'enfant, mais souvent le jeune âge des patients ne permet pas d'obtenir une réponse motrice aux ordres simples [261]. Quelques études pédiatriques décrivent précisément les critères recherchés avant extubation :

un volume courant et une fréquence respiratoire satisfaisants pour l'âge, une grimace, une toux avec la bouche ouverte ou l'ouverture des yeux, des mouvements adaptés [304]. Cette technique assure une protection contre une éventuelle inhalation et l'obstruction des VAS avec la récupération des réflexes laryngés, mais peut être associée à une toux et une agitation, pouvant augmenter le risque de saignement postopératoire, de réouverture de la plaie chirurgicale ou de désaturation et d'hypoxémie [283].

Concernant l'extubation en anesthésie profonde, les seuls critères retrouvés dans la quasi-totalité des articles sont une ventilation spontanée efficace (basée sur une évaluation clinique de la ventilation ou un volume courant d'au moins 5 mL/kg et une fréquence respiratoire considérée normale pour l'âge), avec éventuellement un examen des yeux qui montrent des pupilles centrées et serrées [304]. Certains auteurs envisagent même une extubation, en décubitus latéral, après reprise spontanée de la ventilation et ouverture des yeux, sans stimulation, dans le but de diminuer les laryngospasmes, désaturations et épisodes de toux [305]. De plus, dans le cadre d'une extubation « endormi », tous les patients reçoivent encore un hypnotique. Certains auteurs se basent sur la fraction expirée en gaz halogéné, d'autres sur la fraction inspirée, mais tous préconisent au minimum 1 CAM d'halogéné lors de l'extubation du patient [306, 307]. L'administration du gaz halogéné est arrêtée une fois le patient extubé. La littérature sur le sujet est relativement pauvre, et il est difficile de trancher pour une méthode ou l'autre à la lecture des divers articles. Les complications retrouvées lors de l'extubation « éveillé » ou dans la phase post-extubation précoce sont assez classiques : laryngospasme, bronchospasme, hypoxémie ou désaturation périphérique, toux. Cependant, aucune des études retrouvées ne permet de conclure à un avantage d'une technique par rapport à l'autre. Il est important de connaître les risques de chaque technique pour essayer d'anticiper d'éventuelles complications, l'extubation « endormi » exposant au risque d'apnées postopératoires principalement obstructives alors que l'extubation « éveillé » expose davantage au risque de toux et douleurs laryngées postopératoires [285, 304].

### **g. Enfant enrhumé**

Le rhume est la pathologie pédiatrique la plus commune et la plus fréquente. La majorité des études retient comme diagnostic positif la présence d'au moins deux des symptômes suivants : hyperthermie inférieure à 38,5 °C, asthénie, maux de gorge (pharyngite), rhinorrhée antérieure ou postérieure, éternuements, toux non productive et laryngite. La physiopathologie des infections des VAS conduit globalement à une hyperréactivité bronchique dont le mécanisme est plurifactoriel. La présence de ce type d'infection majeure de façon significative

le risque de complications respiratoires susceptibles d'émailler les différentes étapes de l'anesthésie d'un enfant. L'hyperréactivité bronchique interagit avec l'anesthésie en provoquant la sensibilisation des VAS aux gaz halogénés et aux stimulations de l'oropharynx. Leur évolution est habituellement favorable, cependant elles peuvent mettre le pronostic vital en danger. Les complications respiratoires rencontrées sont essentiellement le bronchospasme et le laryngospasme [283].

Toutes les études, prospectives descriptives chez l'enfant sain et enrhumé confondus [285, 286], prospectives descriptives chez l'enfant enrhumé [308, 309] ou rétrospectives [310], s'accordent sur l'effet protecteur du masque facial contre les complications respiratoires comme dispositif de contrôle des voies aériennes chez l'enfant enrhumé. Si le masque facial ne peut être utilisé, les arguments pour choisir entre le masque laryngé et la sonde d'intubation ne permettent pas d'établir de recommandation chez l'enfant enrhumé. En effet, si le masque laryngé semble être moins pourvoyeur de désaturation, sa supériorité par rapport à l'intubation n'est pas démontrée pour le risque de laryngospasme et apparaît discutée pour le risque de bronchospasme [308].

Une étude prospective [311] incluant 400 enfants enrhumés et dont plus de 70 % ont été anesthésiés avec un masque laryngé : 200 ont reçu un aérosol de salbutamol et 200 aucun aérosol dans les 30 minutes précédant l'induction. Le groupe salbutamol présentait une incidence diminuée d'environ 50 % de toux et bronchospasmes per-anesthésiques, avec également une tendance en faveur de la diminution de l'incidence de laryngospasme. Par ailleurs, la nébulisation de salbutamol est une thérapeutique non invasive, non douloureuse, et peu coûteuse, qui n'est pas associée à la survenue d'effets secondaires délétères. Pour toutes ces raisons, les experts recommandent de réaliser une nébulisation de salbutamol avant l'anesthésie générale chez l'enfant de moins de six ans [283].

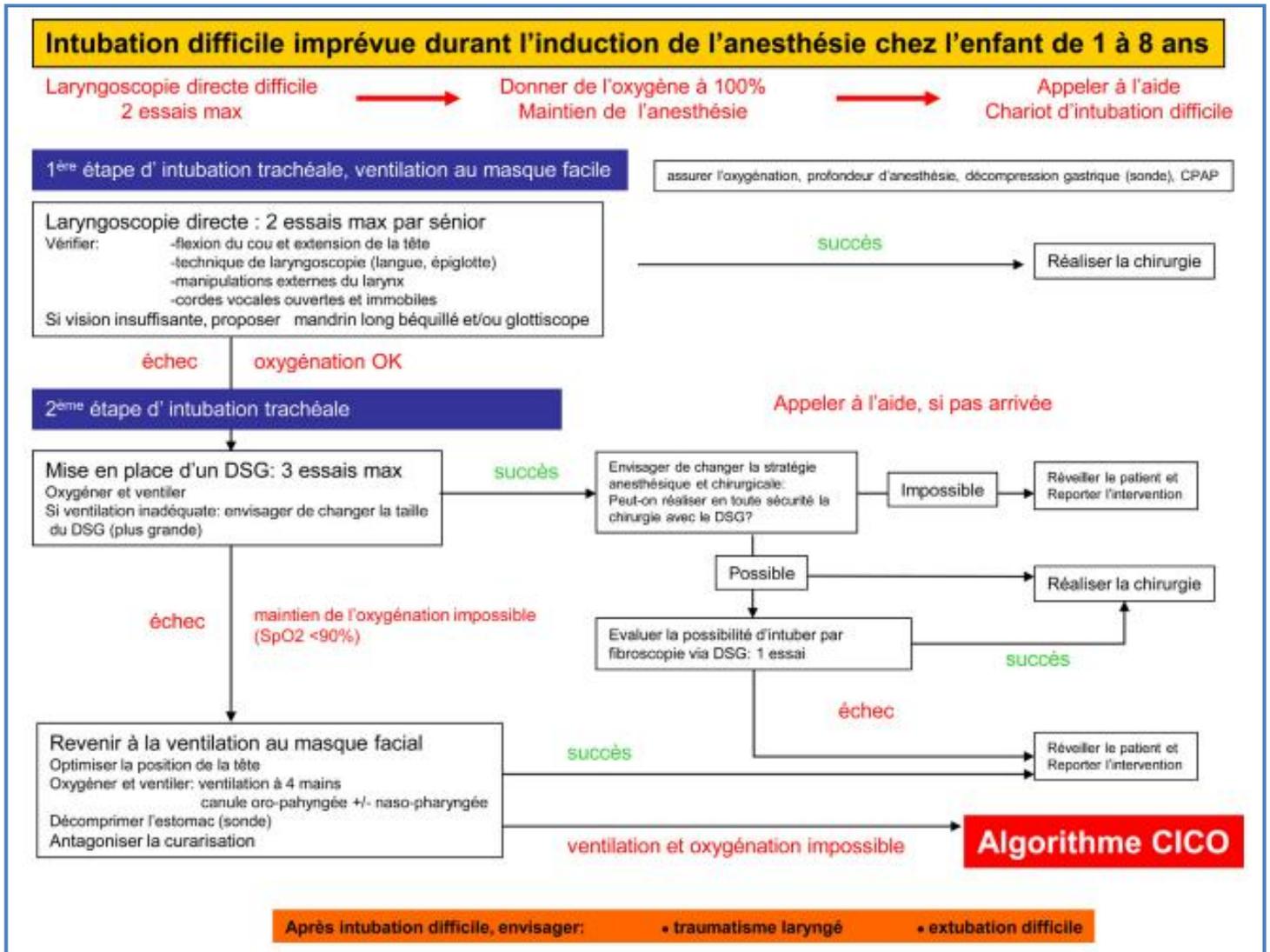


Figure 59. Algorithme pour une intubation difficile inattendue durant une induction anesthésique d'un enfant de 1 à 8 ans [283] (adapté de [256]).

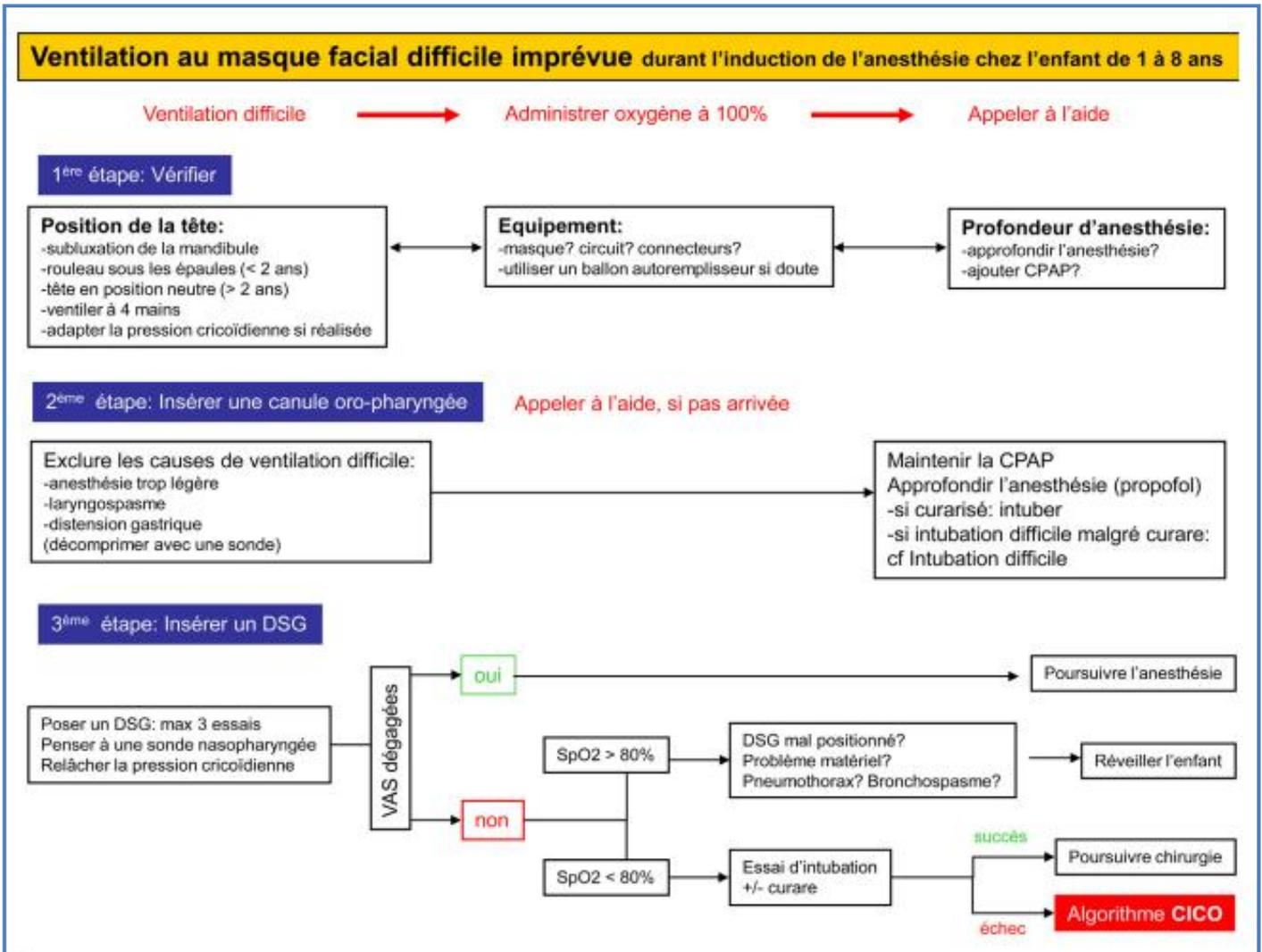


Figure 60. Algorithme pour une ventilation difficile inattendue au masque facial durant une induction anesthésique d'un enfant de 1 à 8 ans [283] (adapté de [256]).

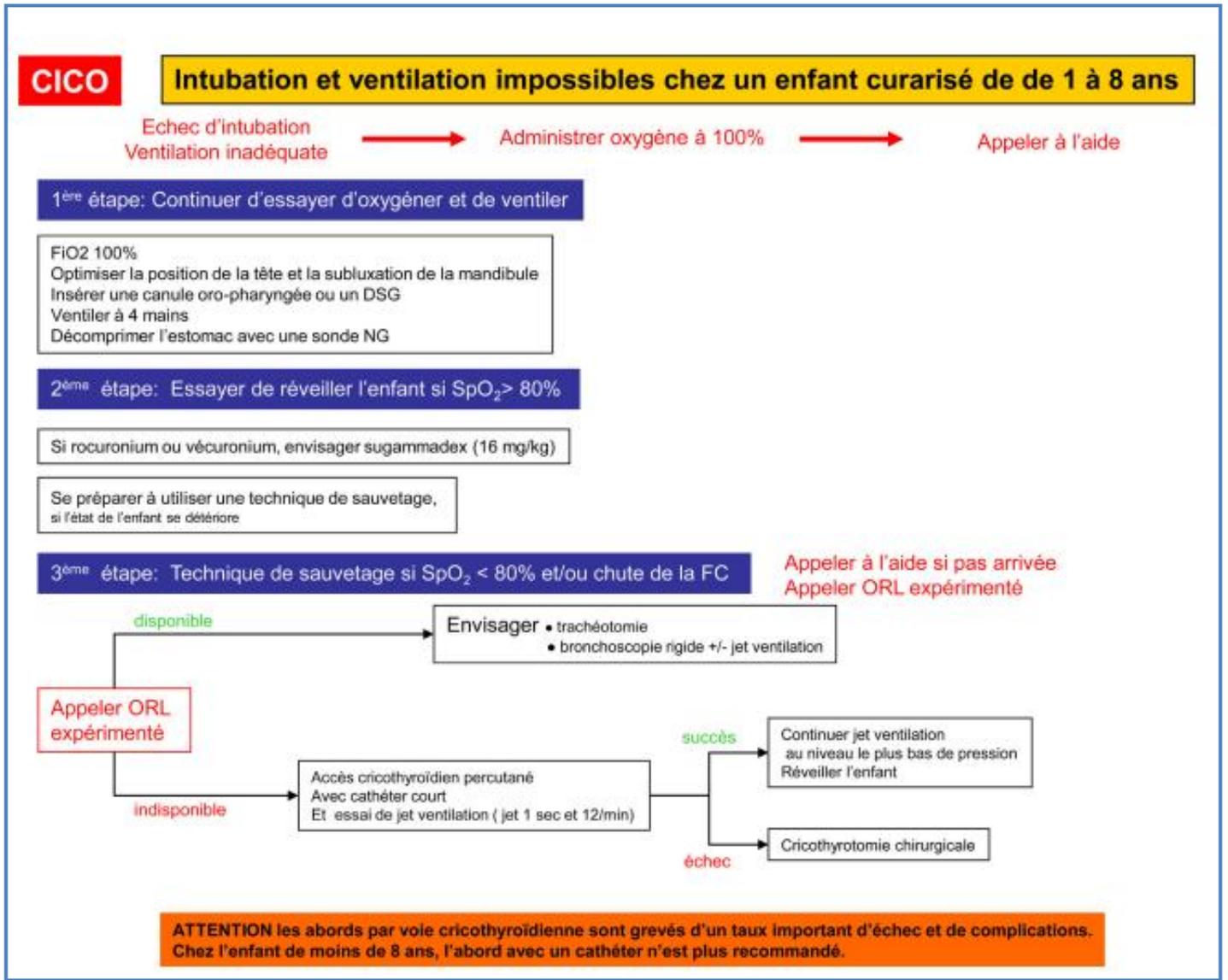


Figure 61. Algorithme pour une ventilation et une intubation impossible durant une induction anesthésique d'un enfant curarisé de 1 à 8 ans [283] (adapté de [256]).

## 2. Gestion des VAS en obstétrique

La nécessité d'une anesthésie générale et donc d'accès aux VAS est un évènement rare en anesthésie obstétricale. Cependant, la morbi-mortalité liée à l'anesthésie en obstétrique est principalement due à la gestion des VAS difficiles et à ses risques associés d'inhalation et d'hypoxie materno-fœtale. Les guidelines établies en contexte de chirurgie générale sont difficilement transposables telles quelles en maternité, en raison de la présence d'un fœtus dont le bien-être est souvent au cœur de la problématique de la césarienne en urgence. Alors que des recommandations sur la prise en charge des VAS existent depuis plus de 10 ans en dehors du contexte de l'obstétrique, il a fallu attendre 2015 pour que des recommandations dédiées à l'obstétrique, voient le jour sous l'égide de l'Obstetric Anaesthetists' Association (OAA) et de la DAS [257]. Cependant, en l'absence d'études de haut niveau de preuve disponibles dans la littérature internationale, ces recommandations sont basées principalement sur des avis d'experts ou sur la transposition de recommandations établies pour la population non obstétricale. En France, la SFAR n'a pas émis de référentiel récent sur ce sujet, mais des algorithmes concernant l'obstétrique sont disponibles [312]. Ces algorithmes de prise en charge doivent être bien connus des anesthésistes en obstétrique, en raison du caractère stressant de la difficulté de gestion des VAS en contexte obstétrical et de sa gravité potentielle extrême pour la mère et le fœtus. L'intérêt de la mère et de l'enfant pouvant diverger, c'est l'anesthésiste en concertation avec l'équipe obstétricale qui devra prendre la décision de poursuivre ou non la chirurgie [18].

### 2.1. Problématique des voies aériennes en obstétrique

#### a. Anesthésie générale en obstétrique

Le nombre d'AG en contexte obstétrical, est en diminution depuis une trentaine d'années dans les pays industrialisés grâce à l'essor de l'anesthésie locorégionale. L'expérience des anesthésistes concernant la prise en charge des VAS en obstétrique a donc diminué. Il est nécessaire que des algorithmes spécifiques de prise en charge des VAS soient rédigés et diffusés au sein des maternités afin de faciliter la prise en charge des parturientes que cela soit pour une césarienne, mais également pour toute chirurgie en cours de grossesse nécessitant une AG [18].

#### b. Mortalité maternelle et gestion des VAS

La diminution du nombre de décès maternels dus à l'anesthésie a été drastique, puisqu'elle est passée de 50 par triennum jusqu'en 1981 à moins de 8 par triennum. La réduction de la mortalité liée à la gestion des VAS en est la principale cause. Cependant, un seul triennum

(1994—1996) n'a pas rapporté de décès lié aux VAS. Dans une revue de la littérature de 1970 à 2015, sur la survenue d'échec de l'intubation lors de l'AG en contexte obstétrical, la mortalité maternelle retrouvée était de 1 décès pour 90 échecs d'intubation, soit 2,3 décès pour 100 000 AG pour césarienne [313]. Ce problème persiste donc, même si peu de patientes sont concernées. Le dernier rapport de mortalité maternelle publié en 2015 nous rappelle que la période après l'extubation est aussi à risque avec un décès maternel inventorié [18].

### **c. Incidences de l'intubation difficile ou impossible en obstétrique**

Dans une étude américaine colligeant sur 5 ans, 257 000 patientes dans 30 centres dont 5000 AG pour césarienne, l'incidence de l'échec d'intubation était de 1/533 [314]. Cette incidence reste stable depuis plusieurs années. Elle est de 5 à 7 fois supérieure à celle de la population générale. Ces données sont toutefois remises en question dans des études rétrospectives. Dans une étude sur 851 césariennes sous AG, le taux d'échec d'intubation était de 0,4 % non différent du taux observé dans la population de référence non obstétricale [315]. Il convient de noter que dans cette étude, le taux de grade de Cormack et Lehane > 2 était significativement plus élevé chez les parturientes. L'incidence de l'intubation impossible est souvent rapportée comme augmentée dans le contexte de l'urgence en obstétrique. Il n'est pas possible de savoir précisément si cette incidence est différente pour les chirurgies en cours de grossesse autres que la césarienne. Cependant, il est certain que la césarienne présente des risques surajoutés par la présence du fœtus. L'incidence rapportée de la ventilation au masque impossible (VMI) après échec d'intubation au cours d'une césarienne varie de 5 à 28 % [313]. L'incidence de l'ID en obstétrique est quant à elle estimée à 1/30 [312]. Cette ID est non prévue dans un tiers à la moitié des cas [313].

### **d. Évaluation des voies aériennes**

La prédiction d'une ID, voire impossible, ne peut reposer sur un seul test car aucun n'est à la fois sensible et spécifique. De plus, il est nécessaire d'évaluer non seulement la probabilité d'une ID, mais surtout celle d'une VMD ou VMI, voire d'un échec d'insertion d'un DSG. En effet, il est indispensable de rappeler que la mortalité dans ce contexte est liée non pas à l'impossibilité d'intuber les patientes, mais à l'impossibilité de maintenir une oxygénation adéquate [18]. Parmi les critères prédictifs d'ID, il faut retenir qu'un score de Mallampati de 3 ou 4, un IMC élevé (> 26 kg/m<sup>2</sup>), une distance thyromentale < 65 mm et une petite ouverture de bouche (< 35 mm) restent des critères qui doivent alerter le clinicien. En obstétrique, la classification de Mallampati est assez bien corrélée avec la difficulté d'intubation. Dans une étude sur 1500 césariennes sous AG, le risque relatif d'ID était respectivement de 3,2, 7,6 et

11,3 pour une classe II, III et IV de Mallampati [312]. En raison de son évolution dans le temps au cours de la grossesse et du travail, ce score doit être réévalué au moment de l'induction anesthésique. Une attention toute particulière doit être portée aux patientes pré-éclampsiques car l'œdème des VAS prédit non seulement une laryngoscopie directe difficile, mais aussi une aggravation rapide de ces œdèmes en cas de traumatisme, pouvant conduire à une situation catastrophique de ventilation impossible [18]. Les critères de VMD sont mis en défaut dans le contexte obstétrical. En effet, les critères les plus pertinents sont la présence d'une barbe, l'édentation, le ronflement et l'âge supérieur à 55 ans. Ces critères étant peu applicables à la population obstétricale, d'autres critères pouvant alerter le clinicien doivent être connus : la limitation de la protrusion mandibulaire, une distance thyromentonnière < 6 cm, de volumineuses amygdales et un antécédent de chirurgie maxillo-faciale. Un dernier critère de VMD doit être parfaitement connu en raison de sa prévalence en augmentation à la fois dans la population générale et obstétricale : il s'agit de l'obésité [18].

### **2.2. Place des vidéolaryngoscopes**

Les VL permettent une meilleure vue de la glotte que la laryngoscopie directe. Les publications sont nombreuses sur leur emploi en cas d'ID prévue ou d'échec de la laryngoscopie directe. Il faut signaler que malgré une amélioration de l'exposition de la glotte, l'insertion de la sonde d'intubation peut être difficile avec ces dispositifs et des traumatismes ont été décrits, principalement quand les sondes doivent être glissées sur un stylet. Les VL ont été utilisés au cours des césariennes programmées, chez des parturientes obèses morbides et en cas d'échec d'intubation. Il n'existe pas d'étude comparative des différents modèles de VL dans ce contexte [18].

### **2.3. Propositions d'algorithmes**

Les recommandations nationales anglaises sont les plus récentes, disponibles dans la littérature et ont le principal avantage d'être dédiées à l'obstétrique. Les algorithmes de prise en charge ont été adaptés aux pratiques françaises [18].

#### **2.3.1. Anesthésie générale en contexte obstétrical**

Le premier algorithme décrit la réalisation d'une anesthésie générale en contexte obstétrical, et de façon originale, comment anticiper et préparer la prise en charge des voies aériennes de la parturiente (figure 62). Des check-lists sont maintenant publiées afin de faciliter la préparation de la patiente, du matériel et surtout la préparation à faire face à une difficulté. Celle de l'équipe de Wittenberg, par exemple, paraît bien adaptée à cette situation [316].

### **a. Prévention de l'inhalation pulmonaire de liquide gastrique**

L'absorption de liquides clairs chez des patientes sans facteur de risque surajouté d'inhalation tel qu'une obésité morbide, un diabète, sans critère d'ID, et ayant une analgésie péridurale pour le travail, n'augmente pas a priori le risque d'inhalation bronchique. Une prophylaxie médicamenteuse doit être utilisée avant toute AG de la femme enceinte et consiste en l'administration d'un antihistaminique H2 effervescent combiné à un antiacide (ranitidine), permettant de diminuer le volume gastrique et d'élever le pH gastrique de façon immédiate et prolongée [18].

### **b. Optimisation de la laryngoscopie directe**

L'optimisation de la laryngoscopie directe, fait également partie intégrante de cette première étape de la prise en charge. Une inclinaison à 20—30° augmente la capacité résiduelle fonctionnelle et la durée d'apnée chez les femmes enceintes obèses et non obèses. Cette position permet également de diminuer les difficultés d'insertion du laryngoscope, améliore la vision en laryngoscopie directe et pourrait diminuer le RGO. Un manche de laryngoscope court permet également de faciliter l'insertion de la lame dans la bouche. Chez l'obèse morbide, l'alignement du conduit auditif externe avec l'encoche sus-sternale (« ramped position ») rend l'exposition par laryngoscopie directe plus facile par rapport à la position classique [18].

### **c. Préoxygénation**

La femme enceinte est à risque de désaturation pendant l'intubation. Une PO soigneuse doit donc être faite, principalement si elle présente des critères d'intubation et de ventilation difficile. Chez la femme enceinte, la FetO<sub>2</sub> doit pouvoir être obtenue par la technique des 8 CV, exercée en FiO<sub>2</sub> à 1, dans un masque facial étanche avec un débit de gaz frais supérieur à 10 L/min. Cependant, cette méthode est souvent mise en échec, principalement chez les patientes obèses. Il n'y a pas de consensus en obstétrique sur la meilleure méthode de PO. Par analogie avec les patients obèses, l'utilisation de systèmes délivrant de hauts débit d'oxygène nasal réchauffé (par exemple le système Optiflow®) ou une PO en ventilation spontanée avec aide inspiratoire et une PEP (de 4 à 8 cmH<sub>2</sub>O), pourraient améliorer la qualité de la PO et donc le temps d'apnée. Enfin, il est envisageable d'administrer par des lunettes nasales un débit d'oxygène de 5L/min afin de maintenir une oxygénation passive des alvéoles durant la laryngoscopie [81, 257].

**d. Manœuvre de Sellick**

Lors des inductions en séquence rapide en obstétrique, l'application d'une pression de 30 N sur le cartilage cricoïde est recommandée. Cependant, cette manœuvre peut gêner la laryngoscopie ou l'insertion de la sonde d'intubation, voire d'un DSG ou la ventilation au masque. La pression devra donc être levée si besoin. En cas de régurgitation, elle devra être réappliquée [18].

**e. Séquence rapide adaptée**

L'utilisation du thiopental, agent de référence, est devenue exceptionnelle et les anesthésistes sont de moins en moins familiers de son emploi et de ses doses. Dans un audit réalisé au Royaume-Uni [317], une forte incidence de la mémorisation peropératoire liée entre autre à des sous-dosages en thiopental (moins de 4 mg/kg) en contexte obstétrical plaide pour l'emploi du propofol en agent d'induction, car il est l'hypnotique le mieux maîtrisé des anesthésistes réanimateurs. En cas d'ID, il est important de délivrer des doses itératives d'hypnotiques afin de prévenir toute mémorisation et afin de faciliter les gestes d'accès aux VAS [18]. Le suxaméthonium est le curare de référence pour la réalisation d'une ISR, en raison de son délai et de sa durée d'action courts. Il est cependant important de garder à l'esprit qu'en cas d'ID, l'hypoxémie surviendra avant la récupération du bloc neuromusculaire (9 minutes en moyenne) et la reprise d'une ventilation spontanée. Son seul inconvénient est l'augmentation de la consommation d'oxygène induite par les fasciculations qui pourrait induire une désaturation plus précoce que le rocuronium. Une dose appropriée de rocuronium (1,2 mg/kg) permet la réalisation d'une ISR avec un délai d'action du curare superposable à celle du suxaméthonium. La possibilité d'antagoniser complètement l'effet du rocuronium par le sugammadex (16 mg/kg) en 3 minutes si nécessaire garanti la sécurité de son emploi dans ce contexte. Le coût de cette molécule reste le principal facteur limitant de son emploi en routine [18].

**f. Ventilation au masque facial**

La ventilation au masque facial est classiquement contre-indiquée au cours d'une ISR, par crainte d'augmenter le risque d'inhalation pulmonaire. Cependant, en maintenant la manœuvre de Sellick et en limitant la pression d'insufflation à moins de 20 cmH<sub>2</sub>O, une tentative de ventilation au masque facial permettrait de réduire la désaturation en oxygène et de savoir si cette ventilation est difficile en cas d'intubation impossible et ainsi d'anticiper cette situation problématique [18].

### **g. Intubation [18]**

En obstétrique, la laryngoscopie directe peut être facilitée par un manche court de Macintosh. En cas de difficulté à visualiser la glotte en laryngoscopie directe, il convient de relâcher la pression cricoïdienne, de réaliser des manipulations laryngées externes et de repositionner la tête et le cou. L'insertion de la sonde d'intubation peut être facilitée par l'emploi d'un mandrin, sans méconnaître les risques de traumatisme d'un emploi « en insu » de ce dispositif. La taille des sondes d'intubation recommandée en obstétrique est de 6,5—7, afin d'améliorer le taux de succès et diminuer les risques de traumatisme.

En cas d'échec d'une première tentative d'intubation, le deuxième essai doit être tenté par l'anesthésiste le plus expérimenté, éventuellement à l'aide d'un vidéolaryngoscope. Si du temps de préparation est nécessaire, la patiente doit être ventilée au masque facial, en suivant les recommandations. Si la pression cricoïdienne n'a pas été relâchée au cours de la première laryngoscopie, elle doit l'être au cours de la deuxième. Il faut garder à l'esprit que des essais multiples d'intubation peuvent traumatiser les VAS et rendre le contrôle encore plus difficile. En conséquence, une troisième tentative ne doit être faite que par un anesthésiste expert en gestion des VAS. Une dose d'hypnotique supplémentaire doit être administrée, si cela n'a pas été fait à l'étape précédente.

Enfin, la confirmation de la bonne position intratrachéale de la sonde d'intubation doit être faite par l'obtention d'un capnogramme. De nouvelles méthodes comme l'emploi de l'échographie sont prometteuses mais n'ont pas encore fait la preuve de leur efficacité.

#### **2.3.2. Échec d'intubation oro-trachéale [18]**

En cas d'échec de la deuxième tentative d'intubation, il est important de signaler à toute l'équipe que l'on se trouve dans la situation d'intubation impossible, qui doit alors appeler de l'aide selon une procédure standardisée et propre à chaque établissement (figure 63). La présence d'un algorithme de prise en charge de l'ID en salle de naissance est recommandée. La priorité devient alors le maintien de l'oxygénation soit par l'intermédiaire d'un masque facial, soit par un DSG. Afin de faciliter la ventilation au masque facial, une canule oropharyngée doit être mise en place et la patiente ventilée à quatre mains. Si cette ventilation est difficile ou si la chirurgie est impérative, l'insertion immédiate d'un DSG (éventuellement avec l'aide d'un laryngoscope) est la solution. Un DSG muni d'un canal permettant une vidange de l'estomac est préférable. Si ce dispositif ne permet pas une ventilation efficace, un seul changement peut être fait au profit d'un dispositif de taille ou de marque différente, mais sans prendre le risque d'un traumatisme des VAS. En cas d'intubation via un DSG, l'emploi

d'un fibroscope permet d'éviter une intubation œsophagienne et les traumatismes des VAS. Dans le même temps, l'équipe d'anesthésie doit prévenir tout risque d'inhalation et de mémorisation.

### **2.3.3. Intubation impossible-ventilation impossible [18]**

En cas d'échec de ventilation, la patiente est déclarée impossible à oxygéner et l'appel à l'aide doit être fait selon une procédure standardisée qui inclue les chirurgiens ORL, les réanimateurs, selon leurs disponibilités dans la structure (figure 64). Le troisième algorithme détaille la prise en charge d'une patiente impossible à intuber et à ventiler. Une nouvelle notion est introduite ici. Classiquement, une seconde dose de succinylcholine ne doit pas être administrée après échec d'intubation, principalement afin de permettre le réveil de la patiente ou de poursuivre une anesthésie en ventilation spontanée. Cependant, en cas de ventilation impossible, cette attitude risque de compliquer l'abord trachéal de sauvetage. De plus, une curarisation imparfaite peut favoriser la survenue d'un spasme laryngé. Tous ces éléments sont donc en faveur, dans cette situation extrême, de l'administration d'une nouvelle dose de curares. Le rocuronium, qui possède l'avantage de son antagonisme par le sugammadex, est alors la solution.

L'abord trachéal devient dans cette situation la seule alternative possible. Il n'y a pas de spécificité obstétricale à la réalisation de ces procédures. Plusieurs techniques sont possibles. L'administration d'oxygène par voie inter-cricoïdienne par l'intermédiaire d'un cathéter dédié et d'une jet-ventilation, a un taux d'échec assez élevé, surtout chez l'obèse et probablement par manque d'expertise des opérateurs et de connaissance du matériel. L'abord chirurgical de la trachée a un meilleur taux de succès, mais nécessite un degré certain d'expertise. L'échographie du cou peut contribuer au succès de ces différentes méthodes, en aidant à la localisation précise des repères. En cas d'échec de l'abord transtrachéal, l'équipe doit se préparer à la réanimation d'un arrêt cardiaque et notamment à la césarienne de sauvetage maternel (le plus rapidement possible) si le terme est supérieur à 24 SA.

### **2.3.4. Algorithme de synthèse**

Un débriefing en équipe permet de mettre en évidence les points positifs de la prise en charge, les points à améliorer et d'envisager d'autres possibilités thérapeutiques (figure 65). Une visite de suivi doit être organisée pour la patiente. À cette occasion, une information orale et écrite doit lui être délivrée et les complications potentielles recherchées. Un suivi psychologique doit être proposé en cas de mémorisation per-procédure, qui doit être systématiquement recherchée [18].

### 2.3.5. Extubation [18]

La phase d'extubation est également une période critique en obstétrique, surtout après une ID. En effet, le risque d'inhalation persiste ainsi que le risque d'obstruction des VAS et d'hypoventilation. L'extubation doit aussi être préparée et les options de réintubation envisagées en amont, y compris en termes de disponibilité de matériel et de personnel. L'extubation ne doit se faire que chez une patiente réveillée, répondant parfaitement aux ordres simples, générant un volume courant satisfaisant et une saturation en oxygène maintenue, dans l'idéal en position semi-assise chez l'obèse. En cas d'œdème manifeste des VAS chez une patiente prééclampsique ou ayant eu une intubation traumatique, un transfert en réanimation permet de surseoir à l'extubation et d'attendre de meilleures conditions de sécurité.

### 2.4. Faut-il procéder à la césarienne ? [18]

Le degré d'urgence de la césarienne doit pouvoir être rediscuté entre l'obstétricien et l'anesthésiste, ce qui permet, à chaque étape de la prise en charge des VAS difficiles, d'envisager la possibilité de réveiller la patiente et de surseoir à l'intervention. Cette décision doit être prise par l'anesthésiste ayant en charge la patiente en prenant en compte plusieurs paramètres propres à la patiente, au fœtus, et en fonction de la possibilité ou non de ventiler la patiente. L'OAA et la DAS ont proposé un tableau d'aide à la décision, traduit ci-dessous (tableau 8).

Si l'oxygénation est maintenue et que la chirurgie se poursuit, l'équipe doit bien garder à l'esprit la possibilité d'une dégradation maternelle par la survenue d'un œdème ou d'un saignement. La chirurgie doit être la plus brève possible, avec le minimum de pression exercée sur l'abdomen pour aider à l'extraction. L'équipe de pédiatrie doit être informée de l'échec d'intubation car c'est un facteur prédictif indépendant d'admission en réanimation néonatale.

### 2.6. Prévention [18]

Pendant le travail obstétrical, lorsqu'une ID est suspectée, l'anesthésiste devra identifier, avec l'aide de l'obstétricien les patientes à risque majoré de césarienne. La mise en place précoce d'une analgésie péridurale efficace permettra dans la majorité des cas d'éviter une césarienne sous AG. Les modalités du contrôle des VAS devront quand même être anticipées puisque le taux de conversion de l'ALR en AG pour césarienne en urgence est d'environ 5 %.

En cas de césarienne programmée, l'AG doit être réservée aux contre-indications ou aux échecs de l'ALR. Le matériel d'ID doit être disponible à tout moment en salle de naissance et

les médecins formés à son utilisation. Si l'ID est prévue, l'intubation en ventilation spontanée sous contrôle fibroscopique après anesthésie locale efficace, est le moyen sûr d'assurer la sécurisation des VAS tout en maintenant l'oxygénation et le contrôle des réflexes de déglutition. Ce geste nécessite néanmoins une certaine expertise et il faut garder en mémoire que la muqueuse nasale étant hyperhémiee, le risque de saignement au contact est important. Le contexte de l'urgence rend l'anticipation d'une ID plus difficile. Un appel à l'aide précoce, la qualité de la PO et l'emploi systématique d'anti-H2 effervescent sont les trois éléments pouvant faciliter la prise en charge d'une ID dans ce contexte. L'AG en salle de naissance pour une extraction instrumentale, une délivrance artificielle et/ou une révision utérine ne doit pas différer de celle pour césarienne selon les recommandations d'experts. Les mêmes recommandations s'appliquent donc concernant l'ID prévue et imprévue, en l'absence de recommandations spécifiques.

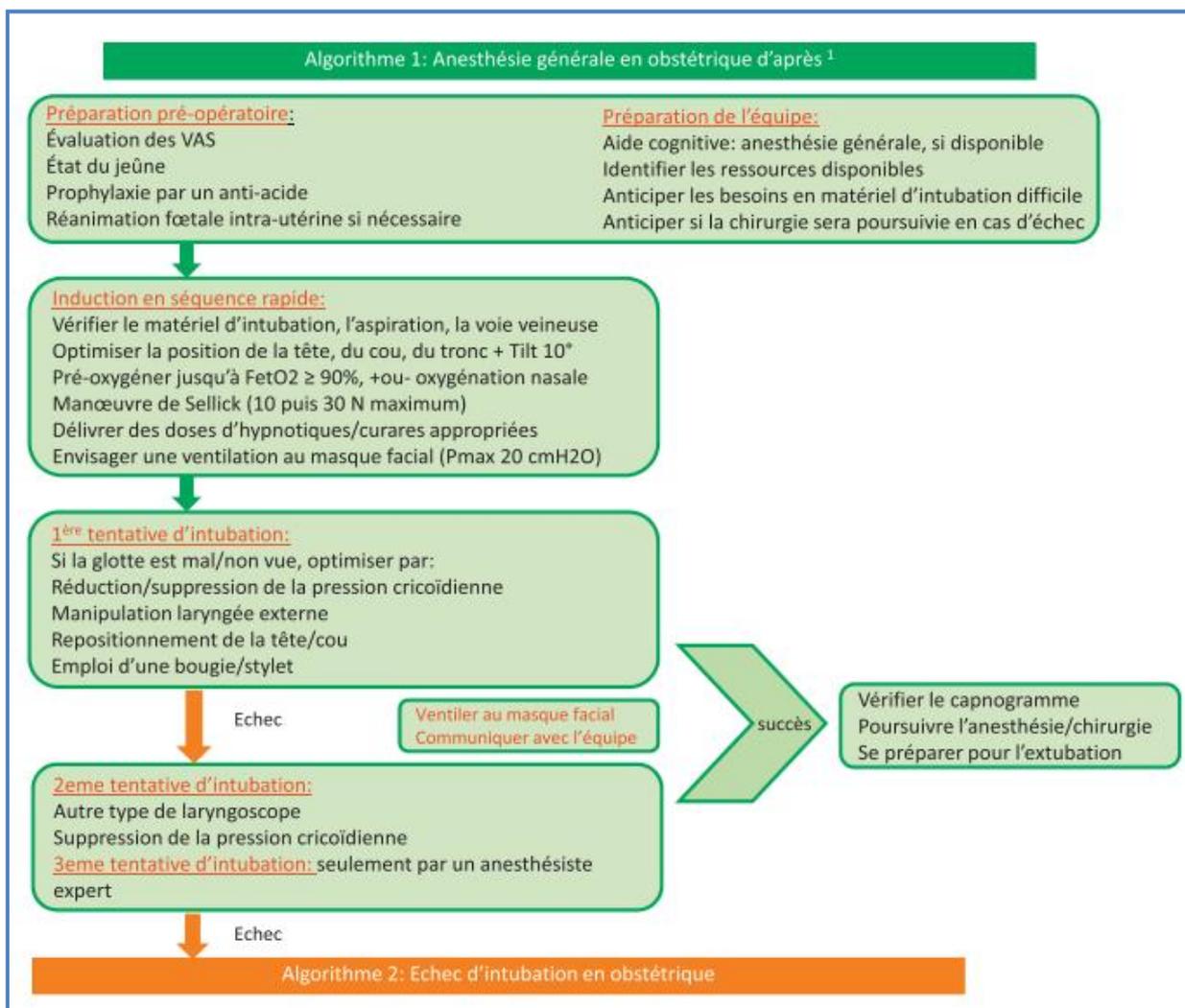


Figure 62. Anesthésie générale en obstétrique d'après [257].

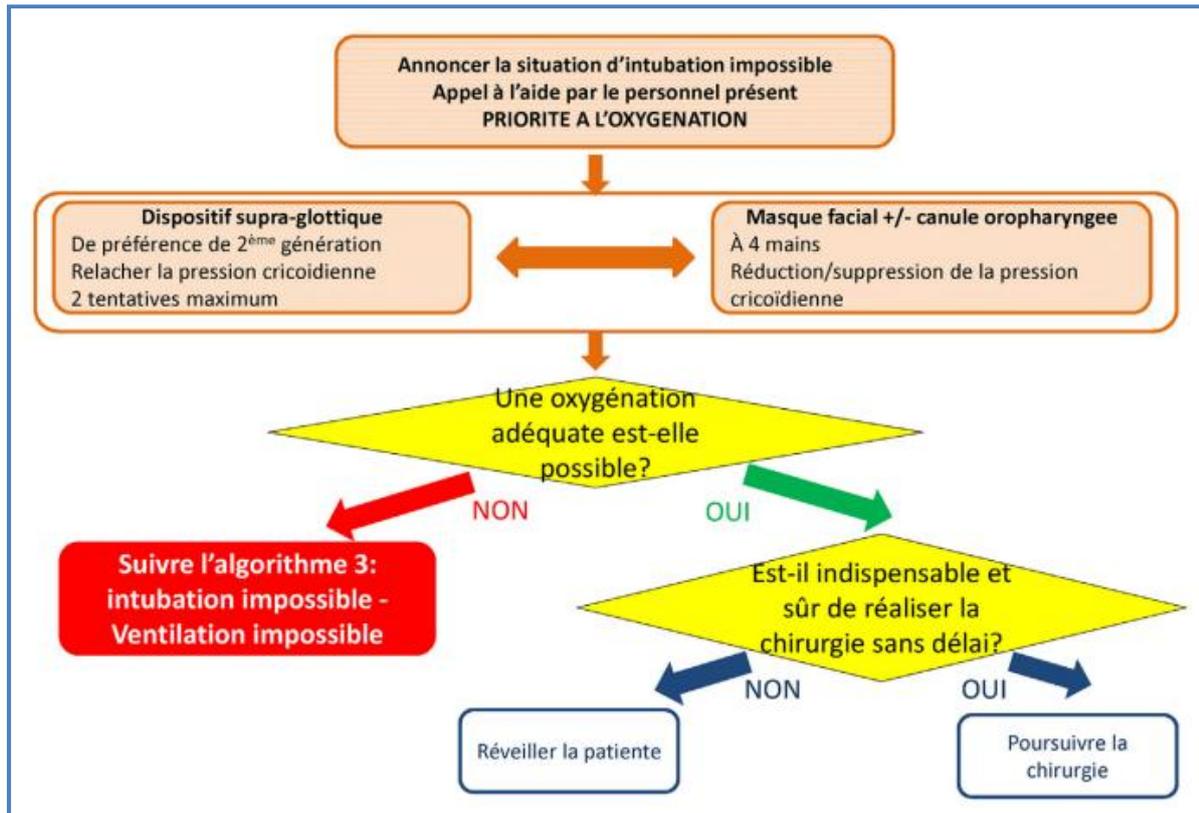


Figure 63. Échec d'intubation en obstétrique d'après [257].

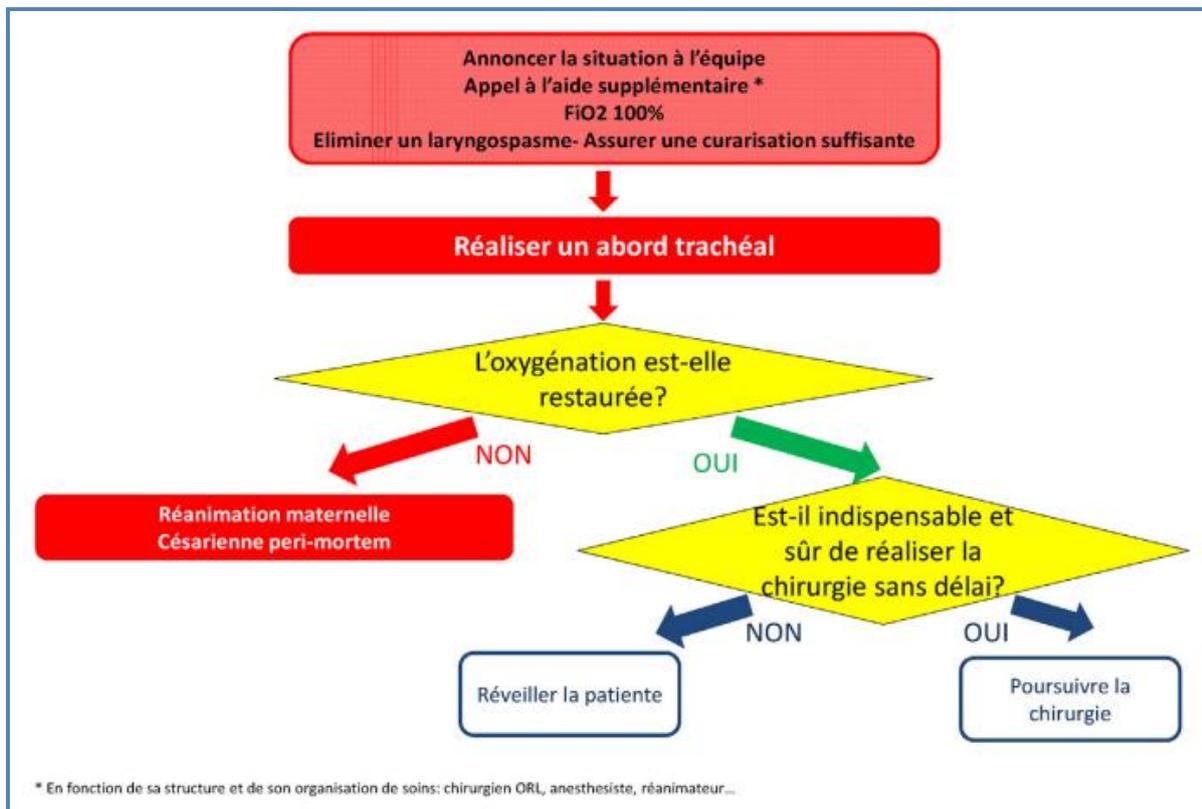


Figure 64. Intubation impossible-ventilation impossible en obstétrique d'après [257].

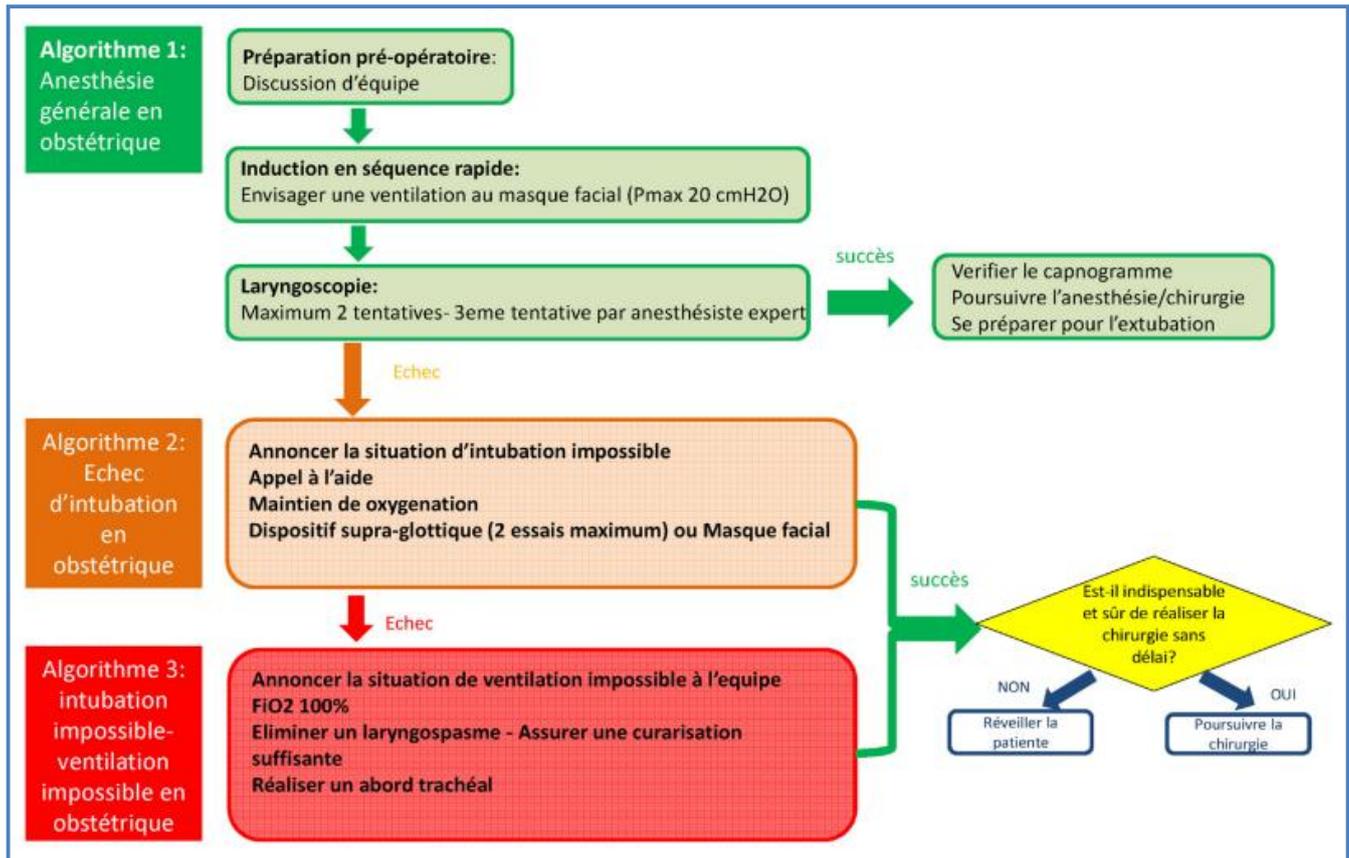


Figure 65. Algorithme de synthèse : anesthésie générale en obstétrique et échec d'intubation d'après [257].

Tableau 8. Faut-il poursuivre la césarienne ? Aide à la décision, d'après [257].

Facteurs à considérer		Réveil ←  → Incision			
Avant l'induction	Etat maternel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stable/rassurant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Préoccupant</li> <li>Très préoccupant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hémorragie répondant à la réanimation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hypovolémie nécessitant une chirurgie</li> <li>Arrêt cardiaque</li> <li>Etat critique respiratoire ou circulatoire</li> </ul>
	Etat fœtal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stable/rassurant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maintenu grâce à une réanimation intra-utérine</li> <li>7,15 &lt; pH &lt; 7,2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ARCF persistant malgré mesures prises</li> <li>pH &lt; 7,15</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bradycardie profonde</li> <li>Hémorragie fœtale</li> <li>Suspicion de rupture utérine</li> </ul>
	Anesthésiste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inexpérimenté</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Spécialiste</li> </ul>
	Obésité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supermorbide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>morbide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obèse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poids normal</li> </ul>
	Facteurs chirurgicaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chirurgie complexe ou HPP majeure probable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utérus pluricatriciel</li> <li>Difficultés chirurgicales probables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utérus unicatriciel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>aucun</li> </ul>
	Risque d'inhalation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prise alimentaire récente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A jeun</li> <li>en travail</li> <li>Pas d'antiH2</li> <li>Opiacés reçus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A jeun</li> <li>en travail</li> <li>antiH2 reçu</li> <li>Pas d'opiacés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A jeun</li> <li>Non en travail</li> <li>antiH2 reçu</li> </ul>
Alternative: <ul style="list-style-type: none"> <li>ALR</li> <li>Fibroscopie vigile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sans difficulté prévisible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difficultés prévisibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contre-indication relative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contre-indiquée formellement ou a échoué</li> <li>Chirurgie déjà débutée</li> </ul>	
Après échec d'intubation	Accès aux VAS/ventilation	<ul style="list-style-type: none"> <li>VMD</li> <li>Abord trans-trachéal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation au masque possible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DSG 1ere génération</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DSG 2eme génération</li> </ul>
	Risques liés aux VAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Œdème laryngé</li> <li>stridor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saignements</li> <li>Traumatisme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sécrétions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sans particularités</li> </ul>

VMD = ventilation au masque difficile  
DSG = dispositif supra-glottique

**Critères à utiliser dans la décision de réveiller ou de procéder à la césarienne suite à l'échec de l'intubation trachéale.**  
**Pour chaque patients pris individuellement, certains facteurs peuvent suggérer le réveil et d'autres la poursuite de la chirurgie.**  
**La décision finale dépendra du jugement clinique de l'anesthésiste.**

### **3. Gestion des VAS en cas d'arrêt cardio-respiratoire (ACR)**

La plus grande partie des ACR se produit en dehors de l'hôpital, généralement à domicile, et dont 50 % ne sont pas signalés par un témoin. Le pronostic des ACR survenant à l'hôpital est plus favorable que celui des ACR survenant hors hôpital. Le taux moyen de survie jusqu'à la sortie de l'hôpital des adultes victimes d'un ACR en milieu extra-hospitalier qui reçoivent une réanimation cardio-pulmonaire (RCP) n'est que de 8 à 10 %, alors que le taux de survie de ceux victimes d'un ACR en milieu hospitalier est de 22 à 25 % [318, 319]. La RCP et la défibrillation précoces sont reconnues comme les étapes les plus importantes de la prise en charge de l'ACR, mais une oxygénation et une ventilation adéquates sont également importantes pour fournir de l'oxygène aux organes vitaux. Cependant, et alors que les premières guidelines de l'American Heart Association (AHA) en matière de RCP mettaient l'accent sur les VAS et la ventilation comme premières étapes de la réanimation, les versions récentes ont mis davantage l'accent sur le retour rapide de la circulation [25]. L'étiologie la plus courante d'ACR chez les adultes en milieu extra-hospitalier est d'origine cardiaque, le plus souvent une fibrillation ventriculaire [320]. En milieu hospitalier, cependant, l'ACR peut être dû à des causes cardiaques ou pulmonaires [321]. La plupart des premiers intervenants en dehors de l'hôpital ne sont pas formés à la gestion avancée des VAS ; par conséquent, les guidelines de l'AHA en matière de RCR relatives à la gestion des VAS sont différentes pour les sauveteurs non professionnels et pour les prestataires de soins hospitaliers.

#### **3.1. Les challenges de la gestion des VAS pendant la RCP [25]**

Dans le contexte préhospitalier, aucun antécédent médical général ou d'intubation n'est disponible pour guider les décisions de gestion des VAS. À l'hôpital, les informations sur le patient peuvent être accessibles ou non. Même si elles sont disponibles, il se peut qu'il n'y ait pas assez de temps pour les examiner. Les difficultés antérieures de ventilation ou d'intubation sont souvent méconnues.

L'accès aux VAS pendant la RCP peut être limité en milieu préhospitalier (par l'environnement extérieur ou la scène de l'accident) et hospitalier (par l'équipement, les lignes ou les moniteurs invasifs).

Selon les ressources, un équipement complet pour les VAS, y compris l'oxygène, peut être disponible ou non (surtout en préhospitalier). Dans les situations d'urgence, la ventilation par masque avec BAVU doit être initiée et maintenue jusqu'à ce qu'un équipement supplémentaire soit disponible.

Chez les patients présentant une lésion présumée ou avérée de la colonne cervicale, la stabilisation manuelle en ligne de la colonne cervicale est recommandée pour la gestion des VAS ce qui augmente la difficulté lors de l'intubation. La traction du cou n'est pas recommandée.

### **3.2. Gestion initiale des VAS pendant la RCP**

La respiration de secours initiale pendant la RCP doit être assurée par la méthode du bouche-à-bouche ou la ventilation par masque (si possible). Chaque respiration de secours doit être effectuée en 1 seconde avec un volume courant suffisant pour soulever la poitrine. Deux ventilations doivent être effectuées toutes les 30 compressions (rapport compression/ventilation de 30:2). Les secouristes non professionnels ou les prestataires de soins formés doivent initier la respiration de secours. Un secouriste non formé doit uniquement effectuer des compressions thoraciques et ne pas initier la respiration de secours. S'il y a un pouls, il faut donner une respiration de secours toutes les 6 secondes et revérifier le pouls toutes les 2 minutes. Les VAS doivent être dégagées par une manœuvre d'inclinaison de la tête et de soulèvement du menton, sauf si l'on soupçonne une lésion de la colonne cervicale où il faut effectuer une poussée de la mâchoire en maintenant la tête en position neutre. Les canules oropharyngées / nasopharyngées peuvent faciliter la ventilation au masque en déplaçant la langue, qui peut obstruer les VAS. Elles sont recommandées et doivent être placées par des secouristes formés à leur utilisation. Les CNP doivent être utilisées avec prudence en cas de suspicion de fracture basilaire du crâne ou de coagulopathie [25].

### **3.3. Gestion avancée VAS pendant la RCP**

Les prestataires de soins formés doivent effectuer une intubation endotrachéale pendant la RCP tout en minimisant les interruptions des compressions thoraciques. L'intubation par laryngoscopie directe peut être plus difficile si elle est effectuée pendant les compressions thoraciques. Les tentatives prolongées d'intubation trachéale doivent être évitées, surtout si les compressions thoraciques sont interrompues pendant les tentatives. La mise en place d'une sonde trachéale ou d'un autre dispositif (DSG par exemple) n'a pas été associée à une amélioration du retour de la circulation spontanée. Les tentatives d'intubation trachéale par des prestataires inexpérimentés peuvent entraîner des complications, comme l'échec de l'intubation ou l'intubation œsophagienne [322]. Après la mise en place de la sonde d'intubation, la ventilation est délivrée sans interruption des compressions thoraciques, à raison d'une respiration toutes les 6 secondes. Certains médicaments de réanimation peuvent être administrés par la sonde d'intubation. Les sécrétions peuvent être éliminées des voies

aériennes par la sonde d'intubation, et le ballonnet de la sonde peut constituer une barrière contre l'inhalation [25].

### **a. Confirmation du placement de la sonde d'intubation pendant la RCP**

Les guidelines de 2010 et 2015 sur la RCP recommandent l'utilisation de la capnographie pour confirmer la mise en place d'une sonde d'intubation pendant la RCP, bien que l'utilisation de détecteurs de CO<sub>2</sub> expiré ou de détecteurs œsophagiens soit considérée comme acceptable si la capnographie n'est pas disponible. Il convient toutefois de noter que la spécificité et la sensibilité de la capnographie peuvent diminuer lors d'une réanimation prolongée et d'une diminution de la perfusion. Les guidelines de 2015 recommandent également l'utilisation de l'échographie, si elle est disponible, comme méthode pour confirmer le placement de la sonde (en observant le glissement du poumon contre la plèvre) [323].

### **b. Pression cricoïde et RCP**

Contrairement aux guidelines de 2005, celles de 2010 et 2015 déconseillent l'utilisation systématique de la pression sur le cricoïde dans le cadre de la gestion des VAS pendant la RCP [25].

### **c. Dispositifs supraglottiques**

Les guidelines de 2005, 2010 et 2015 de l'AHA en matière de RCP soutiennent toutes l'utilisation d'un DSG comme alternative à l'IOT. Sa mise en place peut être plus rapide, et elle peut entraîner des temps plus courts d'arrêt des compressions thoraciques [324, 325]. La mise en place d'un DSG doit être considérée comme une alternative en cas d'échec de l'intubation trachéale. S'ils sont disponibles, les DSG avec un conduit pour l'intubation peuvent être envisagés. Des preuves préliminaires soutiennent leur utilisation en milieu préhospitalier, surtout si ID [326, 327].

### **d. Les autres dispositifs de gestion des VAS**

Les techniques avancées de gestion des VAS, telles que l'intubation par endoscopie flexible et vidéo-laryngoscopie, n'ont pas été largement étudiées en tant que techniques d'intubation pendant la RCP. Des preuves préliminaires suggèrent que la VL peut être une alternative acceptable à la laryngoscopie conventionnelle, en particulier pour les ID en permettant une intubation en moins de temps [328-330]. Des preuves récentes suggèrent également que les patients peuvent être intubés via la VL, sans interruption des compressions thoraciques [331, 332]. Cependant, ces dispositifs peuvent ne pas être facilement accessibles en milieu préhospitalier. De plus, les conditions d'éclairage inadéquates et l'absence d'électricité peuvent limiter l'utilité de la VL en dehors du milieu hospitalier.

### 3.4. Méthodes alternatives d'administration d'oxygène pendant la RCP

**L'Oxylator** (figure 66A) est un système qui délivre un débit d'oxygène de 30 L/min jusqu'à ce qu'une pression maximale réglable (jusqu'à 45 cm H<sub>2</sub>O) soit atteinte, après quoi une expiration passive se produit jusqu'à une pression des voies aériennes de 2 à 4 cm H<sub>2</sub>O. Il peut être raccordé à un masque facial, un DSG ou une sonde d'intubation. Parmi ses avantages par rapport à la ventilation par masque : ventilation et oxygénation constantes à une pression donnée, possibilité d'éviter l'hyperventilation et l'insufflation gastrique, et la détection précoce de l'obstruction des voies aériennes [333]. L'Oxylator peut être utile dans les environnements austères où l'accès à la tête et aux VAS du patient peut être limité.

**Le ResQPOD**, désigné comme une recommandation de l'AHA pour les patients en arrêt cardiaque, est un dispositif à seuil d'impédance. En régulant la pression thoracique pendant la ventilation, l'appareil augmente le flux sanguin vers le cœur et le cerveau, accroît la pression sanguine systolique et augmente le taux de réussite de la défibrillation. Il peut être raccordé à un masque facial, un DSG ou une sonde d'intubation et se connecte à la source de ventilation (figure 66B). L'utilisation de ce dispositif pendant la RCP a amélioré les taux de survie [334].

**L'insufflation passive d'oxygène.** L'oxygène peut être administré de manière passive par le biais d'une canule oropharyngée, d'un masque facial, d'un DSG ou d'une sonde trachéale modifiée comme la sonde de Boussignac qui contient des capillaires à travers lesquels l'oxygène est délivré par insufflation continue, générant une pression alvéolaire positive constante. L'extrémité proximale de la sonde reste ouverte pour permettre l'expiration (figure 66C). L'administration passive d'oxygène ne nécessite pas l'intervention d'un secouriste pour effectuer les ventilations, minimise les interruptions des compressions thoraciques et peut réduire le risque de barotraumatisme causé par une ventilation excessive. Selon les guidelines de l'AHA mises à jour en 2015, les techniques de ventilation passive ne sont pas recommandées pour une utilisation de routine pendant la RCP classique, mais peuvent être envisagées dans le cadre d'un ensemble de soins lorsque des compressions thoraciques continues sont appliquées [335].

### 3.5. Chez l'enfant

L'algorithme de RCP pédiatrique est presque identique à l'algorithme pour adultes, à l'exception de sa recommandation de commencer les compressions thoraciques chez les patients pédiatriques, si le pouls est inférieur à 60 battements par minute. Comme l'hypoxie est une étiologie courante de l'ACR chez les nourrissons et les enfants, la ventilation pendant la réanimation peut être plus importante chez eux que chez les adultes et a été associée à de

meilleurs résultats [336]. Pour la gestion avancée des VAS, les DSG et l'intubation trachéale sont tous deux des techniques acceptables, et les sondes avec ou sans ballonnet peuvent être utilisés. Si l'enfant a un rythme perfusé, une respiration doit être donnée toutes les 3 à 5 secondes. Pendant la réanimation cardiaque, si un dispositif des VAS est en place, le rythme doit être le même que celui utilisé chez les adultes (une respiration toutes les 6 secondes). Comme chez les adultes, il faut éviter une hyperventilation excessive et des interruptions des compressions thoraciques pendant la ventilation et la gestion des VAS [25].



Figure 66. A) L'Oxylator ; B) Le ResQPOD ; C) la sonde trachéale de Boussignac [25].

#### **4. Contrôle des VAS en médecine d'urgence**

Le contrôle des VAS est fréquemment nécessaire en médecine d'urgence lors de la prise en charge de patients présentant une détresse vitale. Le contrôle des VAS peut être ainsi réalisé en situation intra- ou extrahospitalière. Si plusieurs techniques et dispositifs de contrôle invasifs des VAS existent, l'intubation trachéale reste de très loin la technique la plus utilisée [337].

L'intubation en situation d'urgence présente des particularités propres qui la différencient en de nombreux points de l'intubation réalisée au bloc opératoire. Ainsi, la recherche de facteurs prédictifs d'ID est souvent impossible du fait du court laps de temps disponible pour réaliser l'intubation chez des patients présentant une détresse vitale. Par ailleurs, l'incidence de l'ID en situation d'urgence est plus élevée qu'au bloc opératoire et les complications associées à ce geste sont elles aussi plus fréquentes [337].

##### **4.1. Epidémiologie de l'intubation en médecine d'urgence**

###### **a. En médecine préhospitalière**

En France, On estime qu'environ 8 % des interventions primaires des services mobiles d'urgence et de réanimation (SMUR) vont conduire à l'intubation trachéale des patients pris en charge (40 000 à 50 000 intubations réalisées chaque année) [338]. De 30 à 45 % des intubations réalisées en médecine préhospitalière ont pour but d'assurer la ventilation des patients dans le cadre d'une réanimation cardio-pulmonaire spécialisée. Le deuxième groupe de patients est constitué par ceux ayant une activité cardiaque spontanée lors de la réalisation de l'intubation. Parmi ces patients, la défaillance neurologique, qu'elle soit liée à une pathologie du système nerveux central (accident vasculaire cérébral, état de mal épileptique) ou secondaire à la prise de toxiques (intoxication volontaire avec des psychotropes, est la principale indication d'intubation [338, 339]. L'intubation trachéale a pour premier objectif dans ces circonstances de protéger les voies aériennes profondes d'une possible inhalation. Les autres indications d'intubation préhospitalière sont représentées par la polytraumatologie (de 10 à 15 % des intubations), les détresses respiratoires ou circulatoires, et quelques pathologies rares comme les brûlures étendues [337].

###### **b. Au service d'accueil des urgences**

Dans le cadre de la médecine d'urgence intra-hospitalière, c'est-à-dire essentiellement de l'activité dans les services d'accueil des urgences (SAU) et dans les services de réanimation, très peu de données sont disponibles sur l'épidémiologie de l'intubation et sur le déroulement de ces intubations. Il est probable que quelques milliers de patients sont intubés tous les ans

dans les services d'accueil des urgences en France. Quelques études réalisées dans des services d'urgence nord-américains rapportent une épidémiologie de l'intubation sensiblement différente de celle observée en préhospitalier. En effet, au SAU l'indication d'une intubation dans le cadre de la réanimation d'un arrêt cardiaque est moins fréquente, de l'ordre de 10 % de l'ensemble des patients intubés. En revanche, on retrouve un large groupe de patients nécessitant une intubation en raison de troubles neurologiques (accident vasculaire cérébral, état de mal épileptique et comas toxiques) et les patients en détresse respiratoire nécessitant un contrôle invasif des voies aériennes sont proportionnellement plus nombreux qu'en médecine préhospitalière [340]. En France, l'intubation des patients traumatisés graves ne se fait, contrairement aux pratiques nord-américaines, que très rarement dans les services d'urgences. Ces patients, pris en charge dès la phase préhospitalière par une équipe médicalisée, sont, lorsqu'il y a indication, intubés le plus souvent avant l'arrivée à l'hôpital.

### 4.2. Technique de contrôle des voies aériennes

#### a. Matériel nécessaire au contrôle des VAS

Les conditions matérielles de l'intubation en urgence méritent une attention d'autant plus grande que les patients sont instables, intolérants à l'apnée, difficiles à préoxygéner et que l'opérateur est souvent moins entraîné qu'en salle d'opération [341]. Le NAP4 (Fourth National Audit Project of The Royal College of Anaesthetists and The Difficult Airway Society) recommande qu'un chariot d'intubation difficile et un bronchoscope soient immédiatement disponibles en réanimation [46]. Ce matériel doit être régulièrement contrôlé (présence et bon fonctionnement ; contrôle quotidien, trace archivée). En plus des masques, sondes et canules orales et nasales, le chariot d'intubation difficile devrait rassembler selon un consensus adopté localement par l'équipe de réanimation : des laryngoscopes à manche usuel et court, des lames métalliques de différentes tailles, un vidéolaryngoscope, des DSG, et le matériel d'abord crico-thyroïdien. Le mandrin d'intubation (mandrin malléable) est recommandé d'emblée en cas d'ID prévue ou secondairement en cas d'ID imprévue. Par ailleurs l'utilisation de GlideScope\* impose, selon le fabricant, l'utilisation d'un mandrin rigide spécifique. Les mandrins longs creux (Frova\*) ou pleins peuvent être utiles dans le contexte de l'ID. Ils sont droits ou béquillés et sont identiques à ceux utilisés en anesthésie. Leur rôle dans l'algorithme de l'intubation en réanimation est également à envisager [44].

Le laryngoscope de Macintosh reste le dispositif le plus utilisé en première intention. Conformément aux recommandations de la SFAR, les lames plastiques à usage unique ne sont pas recommandées pour les situations dans lesquelles l'intubation présente un potentiel de

difficulté établi [207], ce qui est le cas pour toutes les intubations en urgence. Plusieurs vidéolaryngoscopes ont fait l'objet d'une évaluation dans le cadre des intubations en réanimation. Cependant, aucune comparaison frontale entre les VL disponibles n'est suffisamment puissante et définitive pour imposer tel ou tel dispositif plutôt qu'un autre. Les VL optimisent la vue laryngoscopique et ont leur place, d'emblée ou après échec de la laryngoscopie directe, dans tous les algorithmes récents d'intubation difficile en réanimation [44].

Les DSG font partie des dispositifs dont la disponibilité est indispensable pour l'intubation en urgence. Leur rôle est double [44] :

- Oxygéner le patient en cas d'échec de la ventilation au masque ou au cours des abords chirurgicaux de la trachée ;
- Et servir de guide pour le bronchoscope d'intubation en cas d'ID.

Le choix du dispositif est avant tout fonction de l'expérience de l'opérateur et de la disponibilité du matériel.

### **b. Induction anesthésique**

L'intubation trachéale chez le patient en détresse vitale est facilitée par la réalisation d'une anesthésie de type ISR. La technique de référence associe l'utilisation d'un hypnotique et d'un curare.

La revue de la littérature ne retrouve que peu d'études faisant état des agents anesthésiques utilisées lors de l'intubation en réanimation ou en salle d'urgence pour le patient en état critique [342, 343]. On ne retrouve que 2 études randomisées contrôlées comparant 2 types de produits anesthésiques en réanimation ou dans un service d'urgence [344, 345] dont une seule de niveau élevée. Du fait de la rareté des études portant sur le sujet, une grande majorité des recommandations ne peut se fonder que sur les propriétés pharmacologiques des produits anesthésiques et sur les avis des experts [343, 344]. Aucun produit hypnotique ne semble recouvrir toutes les caractéristiques idéales pour être recommandé comme l'agent exclusif à utiliser lors de l'intubation. Trois produits semblent néanmoins remplir les critères pour l'intubation en séquence rapide du patient en état critique :

- L'étomidate même en injection unique pour l'ISR est responsable d'une augmentation de l'insuffisance surrénale relative. En revanche, le niveau de preuve est plus faible quant à un éventuel lien de causalité entre une injection unique d'étomidate et une surmortalité. Ceci amène toutefois à faire preuve de prudence quand à l'utilisation de l'étomidate chez le patient septique [344] ;

- La kétamine qui a des propriétés stimulantes sur le système sympathique, semble être une alternative valable à l'étomidate [344] ;
- Le propofol peut être utilisé pour l'intubation chez le patient critique mais peut entraîner comme effet secondaire une instabilité hémodynamique qui peut être prévenue par le recours précoce ou préventif aux amines vasopressives [346].

Le curare doit permettre une intubation rapide et posséder une durée d'action courte. La décurarisation spontanée qui permet la reprise d'une ventilation spontanée efficace par le patient constitue une sécurité. La succinylcholine possède ces propriétés mais elle est associée à des effets indésirables majeurs comme l'allergie, l'hyperkaliémie, la survenue d'un trouble de rythme qui peut être fatal, ou l'hyperthermie maligne [347, 348]. Le rocuronium a été la seule molécule alternative sérieusement étudiée. Il est recommandé d'utiliser le rocuronium en cas de contre-indications à la succinylcholine et permettre un accès rapide au Sugammadex en cas d'utilisation de celui-ci.

### **c. Préoxygénation**

La VNI a montré son intérêt au cours de la préoxygénation [86], mais aucune grande étude randomisée n'a confirmé cette hypothèse. Deux études récentes ont évalué l'ONHD pour la préoxygénation au cours de l'intubation en réanimation (et l'oxygénation apnéique). Une étude monocentrique avant/après a inclus des patients dont les motifs d'intubation étaient hétérogènes [349]. Étaient exclus les patients avec une hypoxémie sévère. Cette étude suggérait que l'ONHD améliorerait fortement l'oxygénation au cours de l'intubation en réanimation. Ces conclusions sont en contradiction avec la première étude randomisée sur ce thème [350]. L'étude « Preoxyflow » a en effet évalué l'ONHD pour la préoxygénation de malades sévèrement hypoxémiques. Cet essai concluait que l'ONHD n'était pas supérieure à l'oxygénothérapie conventionnelle par masque facial dans la prévention des désaturations. Enfin, une étude randomisée contrôlée monocentrique n'a pas démontré l'intérêt spécifique de l'ONHD pour l'oxygénation apnéique [351].

### **d. Techniques d'intubation**

Il est recommandé d'utiliser un protocole hémodynamique, définissant les modalités du remplissage vasculaire et de la mise en place précoce de catécholamines pour diminuer les complications hémodynamiques lors de l'intubation des patients en réanimation [44]. L'utilisation d'un « bundle hémodynamique » a été évaluée dans une seule étude avant/après réalisée sur 244 patients inclus dans 3 centres, toutes causes d'intubations en réanimation confondues. Par rapport à la période antérieure, l'application systématique du bundle

hémodynamique dans la période « après » a permis de réduire de 27 à 15 % l'incidence du collapsus post-intubation et des complications majeures (sans effet sur les autres critères de jugement secondaires) [352]. L'effet de l'application d'une PEP de 5 cm H<sub>2</sub>O a été évalué dans le bundle de la précédente étude et dans une étude randomisée contrôlée menée chez 63 patients hypoxémiques. Aucune de ces études ne rapportait d'effet de ces valeurs de PEP sur la pression artérielle moyenne [353].

La technique d'intubation recommandée en situation d'urgence est l'intubation oro-trachéale sous laryngoscopie directe. La technique d'IOT nécessite une formation initiale indispensable. Celle-ci devrait être faite d'entraînement sur mannequin puis d'apprentissage au bloc opératoire chez des patients dont l'anesthésie est programmée et qui ne présentent pas de critères d'ID. La courbe d'apprentissage de l'intubation trachéale a été évaluée chez des médecins en formation. Il a été montré qu'il fallait pratiquer au moins 40 intubations oro-trachéales pour pouvoir acquérir une expertise suffisante [354]. La manœuvre de Sellick fait partie intégrante du processus d'intubation en urgence. Cette manœuvre qui doit être débutée dès le début de l'induction anesthésique a pour objectif d'éviter une inhalation du contenu gastrique. Cette manœuvre doit être réalisée par un aide et maintenue jusqu'à ce que le ballonnet de la sonde d'intubation soit gonflé, et la bonne position endotrachéale de la sonde d'intubation vérifiée [57]. Il est recommandé, chez les patients de réanimation hypoxémiques, d'utiliser une manœuvre de recrutement post-intubation en l'intégrant dans un protocole ventilatoire et d'appliquer une PEP d'au moins 5 cm H<sub>2</sub>O [44].

### **e. Vérification du positionnement de la sonde d'intubation**

Il est recommandé de mettre en œuvre un contrôle capnographique de l'intubation en réanimation pour confirmer la bonne position de la sonde d'intubation, du DSG ou de l'abord trachéal direct. L'intérêt du contrôle capnographique de l'intubation en réanimation est souligné par l'incidence élevée des intubations œsophagiennes (pouvant atteindre 51 %, en cas d'ID [355]) et le caractère particulièrement faillible des autres moyens qui ont pu être utilisés par le passé. Selon l'étude NAP4, la non-utilisation ou l'interprétation erronée de la capnographie a contribué à 74 % des cas de décès ou de dommages cérébraux irréversibles survenus au décours d'une intubation en réanimation ou aux urgences [46]. Ce contrôle capnographique ne se limite pas à celui de la bonne position de la sonde d'intubation en fin de geste. Il trouve également sa place au cours des étapes de l'algorithme de gestion des ID, en particulier pour confirmer la bonne place d'un DSG ou d'un abord trachéal direct lorsque leur insertion s'est avérée nécessaire.

### f. Extubation

La recherche au quotidien de critères simples de sevrabilité et l'évaluation clinique, voire gazométrique, du succès ou de l'échec d'une épreuve de sevrage en ventilation spontanée (VS), représentent le « gold standard » de toute stratégie de sevrage/extubation, laquelle doit être idéalement protocolisée, en intégrant parallèlement la désédation [356, 357]. Bien que récemment remis en cause pour juger du succès de l'extubation [358], le succès de l'épreuve de VS (fréquence respiratoire 10–30/ min, SpO<sub>2</sub> > 92 %, absence de sueur, d'agitation, d'hypertension, de tachycardie), quelle que soit la technique utilisée (aide inspiratoire [VS-AI] ou pièce en T [VS/T]) reste le meilleur test diagnostique pour déterminer la probabilité de succès de l'extubation [356, 359]. L'épreuve de sevrage n'étant pas suffisante pour dépister tous les patients à risque d'échec d'extubation, il faut probablement rechercher les causes et facteurs de risque plus spécifiques d'échec incluant l'inefficacité de la toux, l'abondance des sécrétions bronchiques, l'inefficacité de la déglutition, et les troubles de la conscience [44].

Les lésions laryngées sont présentes chez plus de trois quarts des patients ventilés [360]. Elles comprennent par ordre de fréquence décroissant : l'œdème, l'ulcération muqueuse, la parésie des cordes vocales et les granulomes [360]. Ces lésions sont souvent intriquées et peuvent toutes (à l'exception des ulcérations) participer à une dyspnée laryngée post-extubation. Les données sur les facteurs de risque de dyspnée laryngée sont controversées et parfois contradictoires, mais les principaux critères retrouvés sont : le sexe féminin, l'intubation par voie nasale, l'utilisation d'une sonde d'intubation de gros calibre par rapport à la taille du patient, des pressions de gonflage du ballonnet élevées, l'intubation difficile, traumatique ou prolongée [361-363]. L'œdème laryngé est au mieux diagnostiqué par la réalisation d'un test de fuite avant l'extubation des patients ayant passé avec succès l'épreuve de ventilation spontanée [364]. Le test de fuite a en général une bonne spécificité et valeur prédictive négative mais une faible sensibilité et valeur prédictive positive [365]. Il est sans doute nécessaire chez les patients ayant au moins un facteur de risque de dyspnée laryngée post-extubation. La dyspnée laryngée survient en général rapidement dans les minutes qui suivent l'extubation, chez 1 à 30 % des patients selon les séries [360, 361]. L'existence d'une dyspnée laryngée augmente le risque de réintubation [361]. La prévention des lésions laryngées passe par l'évitement des facteurs de risque : choix d'un diamètre « modéré » pour la sonde d'intubation (en général 8 mm chez les hommes et 7 mm chez les femmes), accélération du sevrage de la ventilation mécanique pour minimiser la durée de ventilation, la surveillance et la régulation de la pression du ballonnet pour prévenir les ulcérations trachéales. Un

traitement préventif de la dyspnée laryngée par corticoïdes peut être proposé aux patients avec test de fuite positif avant l'extubation, mais la faible valeur prédictive positive du test expose au traitement par excès de faux positifs [361].

En réanimation, l'échec de l'extubation est généralement défini par la nécessité de réintubation dans les 48 ou 72 h suivant une extubation programmée [366]. Ce délai est parfois prolongé jusqu'à 7 jours, notamment en cas d'utilisation de la VNI au décours de l'extubation [367, 368]. Environ 25 % des patients ré-intubés le sont au-delà des 48 premières heures [368]. Le taux de réintubation global en réanimation est d'environ 15 %, mais s'élève à 20 ou 30 % chez les patients les plus à risque. La décision d'extubation en réanimation est difficile pour le clinicien car en cas d'échec, la mortalité est particulièrement élevée et peut atteindre 25 à 50 % [366].

Au décours de l'extubation, la majorité des patients sont traités par de l'oxygène standard mais l'utilisation de l'oxygène à haut débit ou de la VNI peut être discutée. Il faut distinguer 2 indications très différentes de la VNI en post-extubation : la VNI prophylactique et la VNI curative [44].

Dans les 2 cas, le patient est prêt pour l'extubation, c'est à dire qu'il a réussi l'épreuve de sevrage et qu'il réunit tous les critères pour l'extubation selon la conférence de consensus internationale sur le sevrage. La VNI prophylactique est alors débutée immédiatement après l'extubation et poursuivie dans les 24-48 h suivant l'extubation afin de prévenir la survenue d'une détresse respiratoire. Au contraire, la VNI curative est débutée pour traiter une détresse respiratoire aiguë déjà installée survenant dans les suites de l'extubation [44].

La kinésithérapie appliquée aux patients intubés et ventilés comprend la kinésithérapie respiratoire et la kinésithérapie mobilisatrice. Les techniques sont variables et nombreuses [369]. La kinésithérapie de désencombrement incluant des techniques d'hyperinflation, de modulation du flux expiratoire, et des postures, permettrait de limiter significativement les réintubations. Les bénéfices de ces techniques ne sont pas démontrés sur la durée de sevrage [370, 371], le succès du sevrage [369, 370], et la durée de ventilation mécanique [369, 370, 372]. De plus, la kinésithérapie de désencombrement ne paraît pas limiter l'apparition des atélectasies post-extubation. Enfin, l'utilisation de technique instrumentale de désencombrement tel que des insufflations-exsufflations après extubation permettrait de limiter les réintubations [373]. Une autre composante de la kinésithérapie chez le patient intubé est l'entraînement des muscles inspiratoires (Inspiratory Muscle Training). Les résultats des études montrent un bénéfice significatif de cette technique dans le succès du sevrage

[374-376]. Les effets sont non significatifs sur le taux de réintubations [374, 375], la durée de ventilation mécanique [374, 376, 377] et contradictoires sur la durée de sevrage [374, 375, 377].

Concernant la kinésithérapie mobilisatrice, les résultats montrent des résultats contradictoires sur les effets de cette technique sur la durée de ventilation mécanique. Certaines montrent un effet significatif sur la baisse de la durée de ventilation mécanique [372, 378], d'autres sont non significatifs [379, 380]. Aucun effet significatif n'a été retrouvé sur le succès du sevrage [378].

La littérature est pauvre concernant la place du kinésithérapeute au décours immédiat de l'extubation, mais les experts mettent en avant la nécessité de la présence d'un kinésithérapeute au cours du geste d'extubation chez les patients à risque important de sur-encombrement, avec une force de toux altérée. Il pourra ainsi avoir recours et mettre en place des techniques adjuvantes notamment instrumentales afin de limiter les réintubations [44].

### 4.3. Situations particulières

#### a. Patient à terre

En médecine préhospitalière, les circonstances font que très souvent les patients qui nécessitent une intubation en urgence sont pris en charge alors qu'ils sont allongés sur le sol. L'intubation d'un patient au sol présente quelques difficultés particulières. L'opérateur est en effet dans une position la plus souvent pénible pour réaliser son geste et l'intubation est rendue plus difficile. Une technique de positionnement de l'opérateur visant à limiter les difficultés d'intubation a été décrite récemment. Elle consiste à positionner la personne qui va intuber en décubitus latéral. Dans cette position, l'axe visuel de l'opérateur est abaissé et la visualisation glottique, indispensable pour réaliser l'intubation, est rendue beaucoup plus aisée [337].

#### b. Immobilisation cervicale

L'immobilisation cervicale est une mesure souvent nécessaire lors de la prise en charge des patients traumatisés. On considère que tout patient présentant un traumatisme crânien grave est suspect de lésions cervicales associées et justifie donc jusqu'à explorations radiologiques complètes une immobilisation cervicale. L'intubation d'un patient porteur d'un collier cervical est de fait une intubation difficile. Pour intuber un tel patient, il faut retirer la partie antérieure du collier cervical afin que celui-ci ne gêne pas l'ouverture de bouche. Lors de l'intubation, un aide doit se placer derrière le patient et maintenir avec ses deux mains la tête en position neutre. La laryngoscopie est souvent plus difficile du fait de l'impossibilité pour

l'opérateur de pouvoir faire basculer en arrière la tête du patient. L'utilisation du long mandrin béquillé est particulièrement intéressante dans cette situation où la glotte est souvent mal, voire non visualisée durant la laryngoscopie [337].

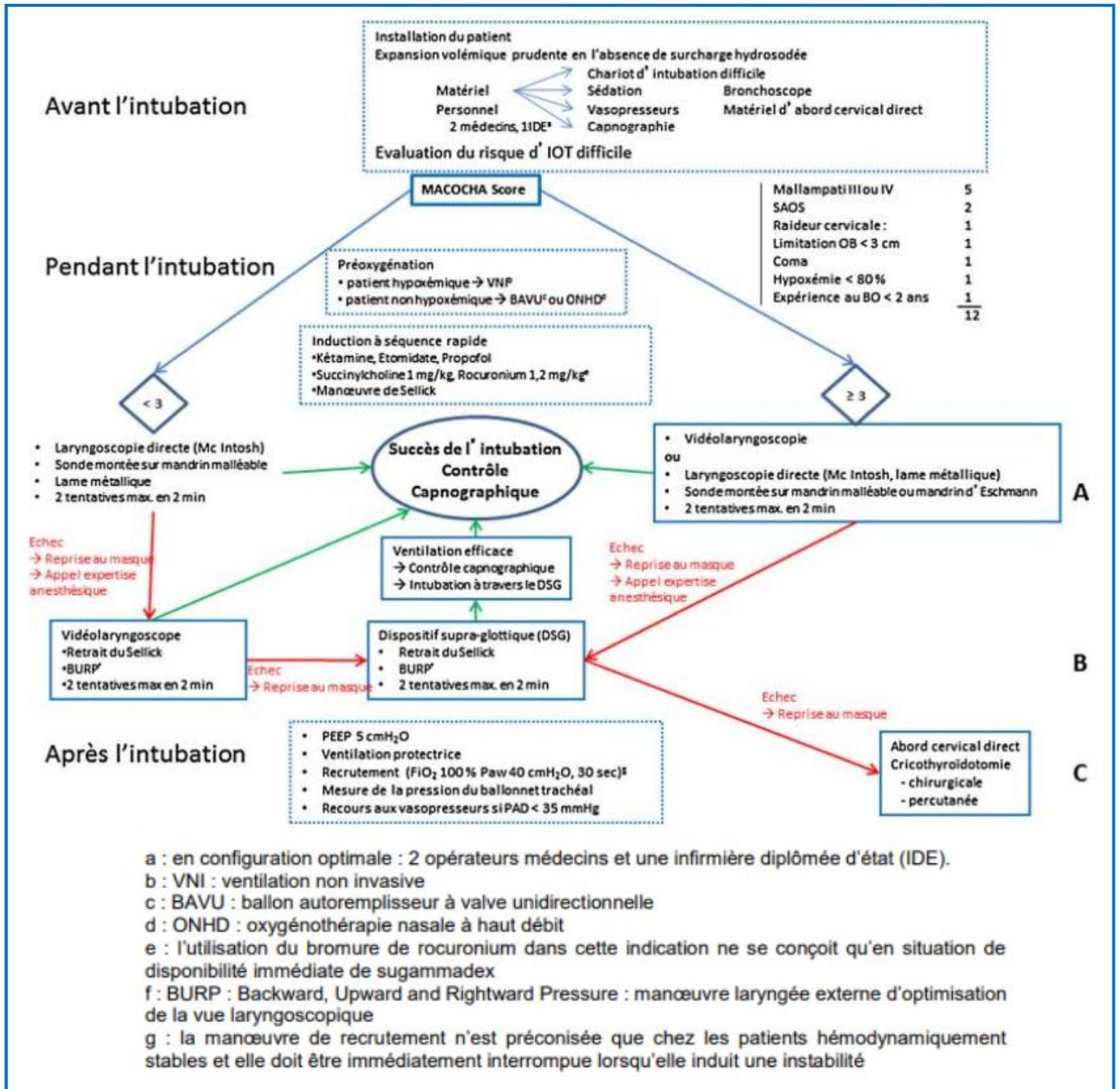


Figure 67. Algorithme d'intubation orotrachéale en réanimation [44].

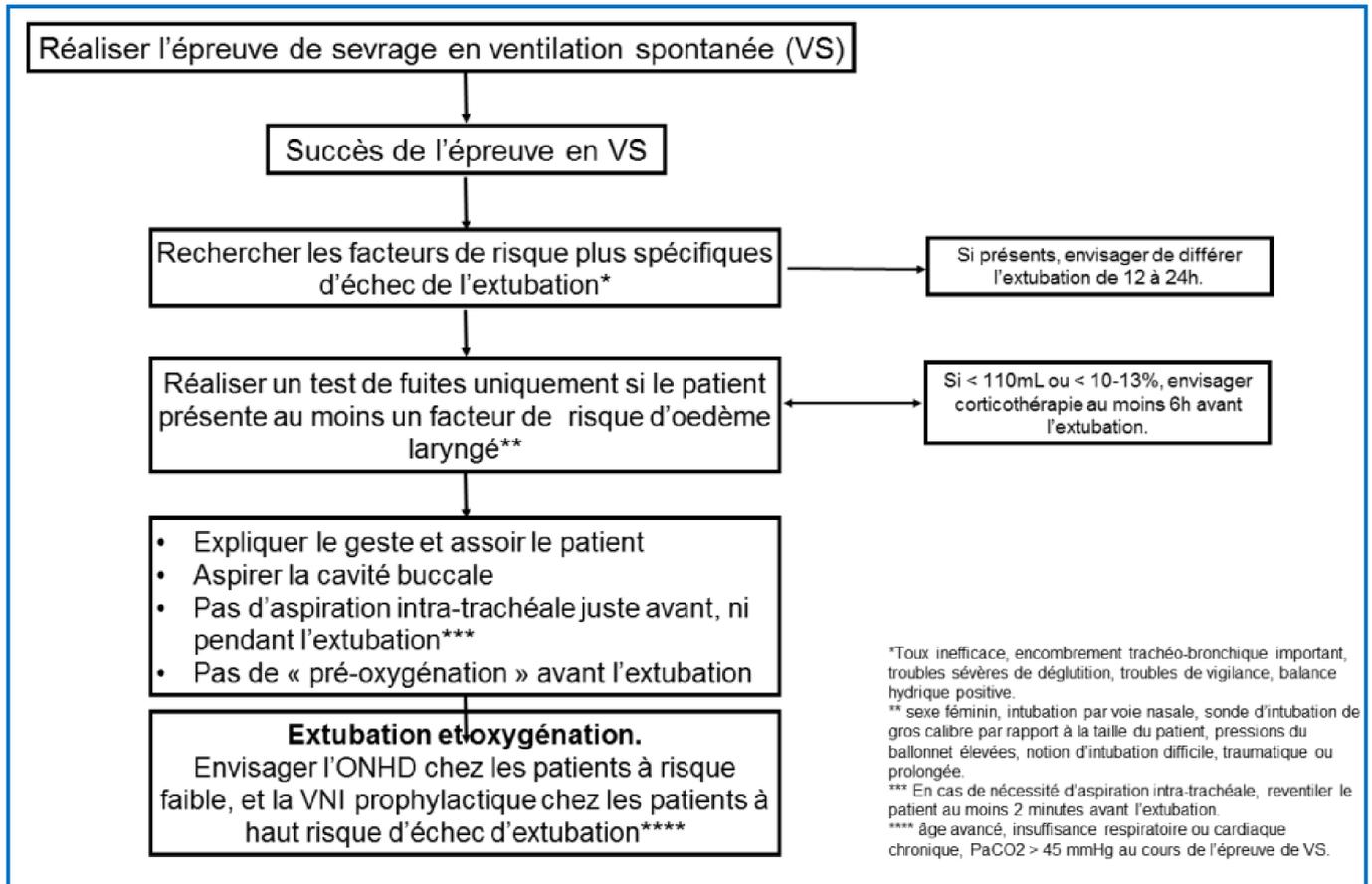


Figure 68. Algorithme d'extubation en réanimation [44].

## **5. Gestion des VAS au cours de la pandémie COVID 19**

La gestion des VAS est généralement sûre et bien comprise, et les risques de l'intubation trachéale dans différents contextes sont raisonnablement clairs. [46, 381]. Cependant, depuis que l'OMS a déclaré le COVID-19 pandémie le 11 mars 2020 [382], de nouveaux facteurs jamais pris en compte auparavant compliquent désormais la pratique clinique et modifient la manière dont les VAS sont gérées à l'échelle internationale.

Comme pour de nombreuses autres pratiques durant la pandémie, les stratégies de gestion des VAS ont pu évoluer rapidement au cours de cette période, malgré le manque de preuves solides. Des recommandations ont été publiées au début de la pandémie par des cliniciens experts afin de guider les professionnels sur les pratiques d'intubation trachéale pour maximiser la sécurité des patients et des professionnels de santé [383-385]. Les thèmes communs de ces recommandations comprenaient la limitation du nombre de personnes impliquées dans la procédure, le port d'un équipement de protection individuelle approprié, le déploiement du gestionnaire des voies aériennes le plus compétent pour effectuer les procédures de gestion des VAS, l'utilisation de la vidéolaryngoscopie comme principal dispositif d'intubation et l'évitement de l'utilisation de procédures susceptibles de générer des aérosols, telles que l'oxygénation nasale à haut débit et la ventilation au masque [386].

La gestion des VAS est particulièrement à risque de contamination pour les personnels. Ainsi, des mesures de protection strictes doivent être appliquées lors des manœuvres aérosolisantes que constituent la ventilation au masque, l'intubation, l'aspiration endotrachéale et l'extubation [387], mise en place et/ou retrait d'un DSG. Les experts recommandent que les professionnels de santé participant à la gestion des VAS portent lors de ces procédures, quel que soit le statut COVID-19 du patient [388]:

- Un masque FFP2, dont la mise en place s'accompagnera systématiquement de la vérification de son étanchéité (« fit-check »), une coiffe et une protection oculaire (lunettes de protection occlusives ou écran facial),
- Des gants non stériles à usage unique, recouvrant les manches, ce qui répond dans cette situation, aux indications des précautions standard (contact ou risque de contact avec des liquides biologiques).
- Une surblouse en cas de soins souillant ou mouillant, sans rapport avec le statut COVID-19 du patient. Dans cette indication, la surblouse doit alors être imperméable (surblouse + tablier imperméable à usage unique, ou casaque chirurgicale étanche).

A rapport bénéfice/risque équivalent, les techniques d'anesthésie locorégionale ou locale sont

à privilégier. Si une anesthésie générale est indispensable, il faudra prendre en compte l'état clinique et le statut COVID-19 du patient pour adapter la stratégie de gestion des voies aériennes [388]. L'induction se fait en principe sans ventilation au masque préalable en administrant les agents anesthésiques selon une séquence rapide et en utilisant à cet effet la célocurine. Il est important que la curarisation du patient soit effective au moment de l'intubation pour éviter les efforts de tous susceptible de disséminer le virus dans l'environnement [389].

En période de pandémie COVID-19, l'intubation au bloc opératoire, d'un patient COVID positif repose sur les mêmes règles que celles émises en milieu de réanimation, du fait du risque d'aérosolisation du virus au cours de ce geste particulièrement à risque. Afin de limiter au maximum le risque d'aérosolisation et de contamination du personnel, il convient de [388]:

- Limiter le nombre de personnel présent en salle ;
- Éviter de ventiler au masque facial le patient en phase de pré oxygénation ;
- Interrompre l'oxygène avant le retrait du masque facial ;
- Intuber le patient par le sénior le plus expérimenté en utilisant un vidéolaryngoscope ;
- Connecter le respirateur, après avoir gonflé le ballonnet de la sonde d'intubation.
- Les aspirations trachéales si elles sont nécessaires doivent se faire en système clos. En cas d'indisponibilité de ce système, il est nécessaire d'interrompre la ventilation du patient pendant l'aspiration, idéalement avec l'intervention d'un second opérateur.

L'extubation est également une période à risque et doit s'effectuer dans les mêmes conditions. Pour cette raison, il est préférable que le patient soit extubé en salle d'opération même si cela implique son maintien dans les lieux au-delà de la fin de l'intervention. Dans le cas contraire, c'est-à-dire, si une ventilation prolongée est nécessaire sur plusieurs heures il faut s'assurer de l'isolement du patient au moment de son extubation notamment par rapport aux autres patients qui pourraient se trouver à proximité en SSPI. En effet, on estime actuellement que lors de l'extubation, les gouttelettes contenant le virus peuvent être projetées jusqu'à 7 m de distance. Après l'extubation le patient doit également être porteur d'un masque chirurgical [389].

## **IX. Conclusion**

La gestion des voies aériennes supérieures est la pierre angulaire d'une pratique anesthésique sécurisée. Le praticien en anesthésie – réanimation doit avoir une connaissance fondamentale de l'anatomie, de la physiologie et de la pharmacologie des voies aériennes, ainsi que des compétences bien développées dans l'utilisation d'une grande variété de dispositifs pour gestion des voies aériennes.

Bien que la plupart des situations de gestion des voies aériennes soient simples, la gestion de voies aériennes supérieures difficiles reste l'une des tâches les plus complexes et les plus difficiles pour les praticiens en anesthésie. La prédiction et l'anticipation des difficultés de contrôle des voies aériennes et la préparation d'un plan de gestion sont essentielles. De nouveaux dispositifs et techniques, susceptibles d'améliorer les résultats pour les patients, sont continuellement développés. Le choix de l'utilisation de l'une ou l'autre technique doit faire l'objet d'une réflexion stratégique préalable et doit tenir compte des recommandations de bonnes pratiques édictées par les conférences d'experts et de consensus sous l'égide des différentes sociétés savantes. Le respect de ces bonnes pratiques augmente la sécurité des patients. La maîtrise du risque implique également la connaissance des algorithmes de prise en charge de l'intubation difficile et la maîtrise des techniques recommandées dans les algorithmes.

Les praticiens en anesthésie - réanimation doivent simultanément développer leurs compétences et apprendre de nouvelles techniques pour être prêts lorsque la difficulté se présente. Une formation basée sur les compétences avec une évaluation systématique de l'aptitude clinique aux techniques de contrôle des voies aériennes est probable à l'avenir pour tous les praticiens impliqués dans la gestion des voies aériennes supérieures. L'expertise est le fruit d'une pratique assidue et d'un engagement du praticien à apprendre tout au long de sa carrière.

## **Résumé**

Le contrôle des voies aériennes supérieures est une préoccupation constante de l'anesthésiste-réanimateur pour limiter les effets indésirables et les complications de l'anesthésie sur le système respiratoire tout en maintenant la perméabilité des voies aériennes et en assurant une ventilation et une oxygénation adéquates.

L'intubation trachéale constitue un acte indissociable de la pratique quotidienne en anesthésie-réanimation, en médecine d'urgence ainsi que dans certaines spécialités médico-chirurgicales comme l'oto-rhino-laryngologie. Le recours fréquent à cette technique depuis son avènement peut parfois conduire à considérer sa réalisation sinon aisée, tout au moins accessible au profane. Pourtant, l'intubation oro-trachéale demeure un geste pourvoyeur d'une morbi-mortalité non négligeable et nécessite une parfaite maîtrise technique et une anticipation en amont. Cette réflexion, adaptée au patient et aux éléments recueillis lors de l'évaluation préanesthésique, nécessite l'expertise de chaque professionnel pour rattacher une situation clinique donnée à l'algorithme décisionnel correspondant. Ainsi, le choix du matériel doit tenir compte des algorithmes disponibles dans la littérature et doit permettre de faire face à toutes les situations. L'élaboration des différents algorithmes s'inscrit dans une démarche de maîtrise du risque. L'élaboration d'une stratégie de prise en charge permet d'anticiper une situation critique et reste centrée sur le maintien de l'oxygénation du patient.

L'avènement, ces dernières années, des techniques de vidéolaryngoscopie, venues enrichir le panel du matériel d'intubation, a permis d'améliorer encore le taux de succès d'intubation, notamment en situation d'intubation difficile, prévue ou non. Si, pour l'heure, ces types de dispositifs ne sont pas encore systématiquement proposés en première intention pour l'intubation, ils sont néanmoins devenus incontournables chez les patients à fort risque d'intubation difficile en chirurgie programmée, ce qui justifie leur intégration aux algorithmes de référence. Si la maîtrise des techniques et des risques en anesthésie s'est considérablement améliorée depuis une dizaine d'années, la poursuite de la recherche dans le domaine du management des voies aériennes doit permettre de réduire encore la morbi-mortalité attribuée à ces procédures.

## **Summary**

The airway management is a constant preoccupation of the anesthesiologist in order to limit the adverse effects and complications of anesthesia on the respiratory system while maintaining airway patency and ensuring adequate ventilation and oxygenation.

Tracheal intubation is an integral part of daily practice in anesthesia-intensive care, emergency medicine and certain medical-surgical specialties such as otorhinolaryngology. The frequent recourse to this technique since its advent can sometimes lead to consider its realization if not easy, at least accessible to the layman. However, orotracheal intubation remains a procedure that causes a significant morbidity and mortality and requires a perfect technical mastery and anticipation beforehand. This reflection, adapted to the patient and to the elements collected during the preanesthetic evaluation, requires the expertise of each professional to link a given clinical situation to the corresponding decision algorithm. Thus, the choice of equipment must take into account the algorithms available in the literature and must be able to deal with all situations. The development of the different algorithms is part of a risk management approach. The elaboration of a management strategy allows to anticipate a critical situation and remains centered on the maintenance of the patient's oxygenation.

The advent, in recent years, of videolaryngoscopy techniques, which have enriched the range of intubation equipment, has made it possible to further improve the intubation success rate, particularly in difficult intubation situations, whether planned or not. If, for the time being, these types of devices are not yet systematically proposed as first intention for intubation, they have nevertheless become essential for patients at high risk of difficult intubation in scheduled surgery, which justifies their inclusion in the reference algorithms. If the control of techniques and risks in anaesthesia has considerably improved over the last ten years, the continuation of research in the field of airway management should allow to further reduce the morbidity and mortality attributed to these procedures.

## ملخص

يعد التحكم في المجاري الهوائية العلوية مصدر قلق دائم لطبيب التخدير والإنعاش للحد من الآثار السلبية ومضاعفات التخدير على الجهاز التنفسي مع الحفاظ على سالكية الشعب الهوائية وضمان التهوية والأكسجين المناسبين. التنبيب الرغامي هو عمل لا ينفصل عن الممارسة اليومية في التخدير والإنعاش وطب الطوارئ وكذلك في بعض التخصصات الطبية والجراحية مثل طب الأنف والأذن والحنجرة. قد يؤدي الاستخدام المتكرر لهذه التقنية منذ ظهورها أحياناً إلى التفكير في تحقيقها إن لم يكن سهلاً ، على الأقل في متناول الشخص العادي. ومع ذلك ، يظل التنبيب الرغامي بمثابة لفحة توفر معدلات وفيات كبيرة وتتطلب إتقاناً تقنياً مثالياً وتوقعاً في المنبع. يتطلب هذا الانعكاس ، الذي تم تكيفه مع المريض والعناصر التي تم جمعها أثناء التقييم السابق للتخدير ، خبرة كل محترف لربط حالة سريرية معينة بخوارزمية اتخاذ القرار المقابلة. وبالتالي ، يجب أن يأخذ اختيار المادة في الاعتبار الخوارزميات المتاحة في الأدبيات ويجب أن يجعل من الممكن مواجهة جميع المواقف. يعد تطوير الخوارزميات المختلفة جزءاً من نهج إدارة المخاطر. إن تطوير استراتيجية إدارة يجعل من الممكن توقع موقف حرج ويظل مركزاً على الحفاظ على أكسجة المريض. أدى ظهور تقنيات تنظيف الحنجرة بالفيديو في السنوات الأخيرة ، إلى إثراء لوحة معدات التنبيب ، مما جعل من الممكن زيادة تحسين معدل نجاح التنبيب ، لا سيما في حالات التنبيب الصعبة ، سواء كان ذلك مخططاً أم لا. في الوقت الحالي ، إذا لم يتم تقديم هذه الأنواع من الأجهزة بشكل منهجي حتى الآن باعتبارها خط التنبيب الأول ، فقد أصبحت مع ذلك ضرورية للمرضى المعرضين لخطر كبير من صعوبة التنبيب في الجراحة المجدولة ، مما يبرر دمجهم في الخوارزميات المرجعية. إذا تحسنت السيطرة على التقنيات والمخاطر في التخدير بشكل كبير خلال السنوات العشر الماضية ، فإن متابعة البحث في مجال إدارة مجرى الهواء من شأنه أن يجعل من الممكن زيادة الحد من المراضة والوفيات المنسوبة إلى هذه الإجراءات.

# **Bibliographie**

- [1] Cros A.-M. Contrôle des voies aériennes en anesthésiologie. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Anesthésie-Réanimation, 36-190-A-10, 2009.
- [2] Nolan JP, Kelly FE. Airway challenges in critical care. *Anaesthesia* 2011;66:81–92.
- [3] Boisson-Bertrand D, Bourgain JL, Camboulives J, Crinquette V, Cros AM, Dubreuil M, et al. Intubation difficile. Expertise collective. Société française d'anesthésie et de réanimation. *Ann Fr Anesth Reanim* 1996; 15:207–14.
- [4] Olivier Fourcade, Thomas Geeraerts, Vincent Minville, Kamran Samii. *Traité d'anesthésie et de réanimation*. 4<sup>e</sup> édition. 2014, Lavoisier, Paris
- [5] Abernathy JH, 3rd, Reeves ST. Airway catastrophes. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2010;23:41-6.
- [6] D. Bakhos;S. Kim;K. Hammoudi. Anatomie et physiologie des voies aériennes supérieures. *Le manuel du résident Réanimation*. 2017.
- [7] Redden RJ. Anatomic considerations in anesthesia. In: Hagberg CA, ed. *Handbook of Difficult Airway Management*. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2000, p. 3, Fig. 1.2.
- [8] Orestes M.I., Chhetri D.K. Superior laryngeal nerve injury: effects, clinical findings, prognosis, and management options. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2014;22(6):439–443.
- [9] Haller J.M., Iwanik M., Shen F.H. Clinically relevant anatomy of recurrent laryngeal nerve. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(2):97–100.
- [10] Kamina P. *Anatomie clinique – Tome 2: tête, cou, dos*. Paris: Maloine; 2013.
- [11] Thach B. Laryngeal chemoreflexes and development. *Paediatr Respir Rev*. 2010;11(4):213–218.
- [12] Rewari V. Reflex vocal cord closure. *Anesth Analg*. 2007;104(2):469.
- [13] Domer A.S., Kuhn M.A., Belafsky P.C. Neurophysiology and clinical implications of the laryngeal adductor reflex. *Curr Otorhinolaryngol Rep*. 2013 Sep;1(3):178–182.
- [14] Devys J-M. Les voies aériennes en pédiatrie. *Anesth Reanim*. (2018), <https://doi.org/10.1016/j.anrea.2018.03.009>.
- [15] Serafini G, Cornara G, Cavalloro F, et al. Pulmonary atelectasis during paediatric anaesthesia: CT scan evaluation and effect of positive end expiratory pressure (PEEP). *Paediatr Anaesth* 1999;9:225–8.
- [16] Song IK, Kim EH, Lee JH, Ro S, Kim HS, Kim JT. Effects of an alveolar recruitment manoeuvre guided by lung ultrasound on anaesthesia-induced atelectasis in infants: a

- randomised, controlled trial. *Anaesthesia* 2017; 72:214–22.
- [17] Nagler, Joshua; Mick, Nathan W. *Rosen's Emergency Medicine: Concepts and Clinical Practice*. Elsevier 2018; 1: 1994 – 2004.
- [18] Le Gouez A, Keita H. Intubation difficile chez la femme enceinte. *Le Praticien en anesthésie réanimation* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.pratan.2017.07.006>
- [19] Boutonnet M, Faitot V, Katz A, Salomon L, Keita H. Mallampati class changes during pregnancy, labour and after delivery: can these be predicted? *Br J Anaesth* 2010;104:67—70.
- [20] Kodali BS, Chandrasekhar S, Bulich LN, Topulos GP, Datta S. Airway changes during labor and delivery. *Anesthesiology* 2008;108:357—62.
- [21] Hillman DR, Platt PR, Eastwood PR. The upper airway during anaesthesia. *Br J Anaesth* 2003;91:31-9.
- [22] Von Ungern-Sternberg BS, Erb TO, Reber A, Frei FJ. Opening the upper airway – airway maneuvers in pediatric anesthesia. *Pediatr Anesth* 2005;55:181-9.
- [23] McNicholas WT, Coffey M, McDonnell T, et al. Upper airway obstruction during sleep in normal subjects after selective topical oropharyngeal anesthesia. *Am Rev Respir Dis*. 1987;135:1316- 1319.
- [24] Ho AM, Chung DC, To EW, et al. Total airway obstruction during local anesthesia in a non-sedated patient with a compromised airway. *Can J Anaesth*. 2004;51:838-841.
- [25] Hagberg C, Artime C, Aziz M eds: *Hagberg and Benumof's Airway Management*, 4th ed., Philadelphia (PA): Elsevier; 2018.
- [26] Mainland PA, Kong AS, Chung DC, et al. Absorption of lidocaine during aspiration anesthesia of the airway. *J Clin Anesth*. 2001;13:440.
- [27] Groeben H, Silvanus M-T, Best M, et al. Both intravenous and inhaled lidocaine attenuate reflex bronchoconstriction but at different plasma concentrations. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159: 530-535.
- [28] Burches BR, Warner DO. Bronchospasm after intravenous lidocaine. *Anesth Analg*. 2008;107:1260-1262.
- [29] Ochiai R, Guthrie RD, Motoyama EK. Effects of varying concentrations of halothane on the activity of the genioglossus, intercostals, and diaphragm in cats: an electromyographic study. *Anesthesiology*. 1989;70:812-816.
- [30] Nandi PR, Charlesworth CH, Taylor SJ, et al. Effect of general anaesthesia on the pharynx. *Br J Anaesth*. 1991;66:157-162.

- [31] Pedersen CM, Thirstrup S, Nielsen-Kudsk JE. Smooth muscle relaxant effects of propofol and ketamine in isolated guinea-pig trachea. *Eur J Pharmacol.* 1993;238:75-80.
- [32] Yasuda I, Hirano T, Yusa T, et al. Tracheal constriction by morphine and by fentanyl in man. *Anesthesiology.* 1978;49:117.
- [33] Taigato Y, Isono S, Nishino T. Upper airway reflexes during a combination of propofol and fentanyl anesthesia. *Anesthesiology.* 1998;88:1459-1466.
- [34] Abrams JT, Horrow JC, Bennett JA, Van Riper DF, Storella RJ. Upper airway closure: a primary source of difficult ventilation with sufentanil induction of anesthesia. *Anesth Analg.* 1996;83: 629-632.
- [35] Bennet JA, Abrams JT, Van Riper DF, et al. Difficult or impossible ventilation after sufentanil-induced anesthesia is caused primarily by vocal cord closure. *Anesthesiology.* 1997;87:1070-1074.
- [36] Durmus M, Ender G, Kadir BA, et al. Remifentanyl with thiopental for tracheal intubation without muscle relaxants. *Anesth Analg.* 2003;96:1336-1339.
- [37] Hanna SF, Ahmad F, Pappas AL, et al. The effect of propofol/ remifentanyl rapid-induction technique without muscle relaxants on intraocular pressure. *J Clin Anesth.* 2010;22:437-442.
- [38] Pavlin EG, Holle RH, Schoene RB. Recovery of airway protection compared with ventilation in humans after paralysis with curare. *Anesthesiology.* 1989;70:381-385.
- [39] Szabo TA, Reves JG, Spinale FG, et al. Neuromuscular blockade facilitates mask ventilation. *Anesthesiology.* 2008;109:A184.
- [40] Calder I. Could “safe practice” be compromising safe practice? Should anaesthetists have to demonstrate that face mask ventilation is possible before giving a neuromuscular blocker? *Anaesthesia.* 2008;63:113-115.
- [41] Calder I, Yentis S, Patel A. Muscle relaxants and airway management. *Anesthesiology.* 2009;111:216-217.
- [42] Murphy GS, Szocol JW, Marymont JH, et al. Residual neuromuscular blockade and critical respiratory events in the postanesthesia care unit. *Anesth Analg.* 2008;107:130-137.
- [43] Daniel M, Fohlen B, Lebrun M, Ferrier S, Cholley B. Intubation : techniques, indications, matériel, complications. *EMC - Oto-rhino-laryngologie* 2021;36(2):1-19 [Article 20-758-A-10].

- [44] Quintard H, l'Her E, Pottecher J, Adnet F, Constantin J-M, De Jong A, et al. Experts' guidelines of intubation and extubation of the ICU patient of French Society of Anaesthesia and Intensive Care Medicine (SFAR) and French-speaking Intensive Care Society (SRLF) : In collaboration with the pediatric Association of French-speaking Anaesthetists and Intensivists (ADARPEF), French-speaking Group of Intensive Care and Paediatric emergencies (GFRUP) and Intensive Care physiotherapy society (SKR). *Ann Intensive Care* 2019;9:13.
- [45] Mendelson CL. The aspiration of stomach contents into the lungs during obstetric anesthesia. *Am J Obstet Gynecol.* 1946;52:191– 205.
- [46] Cook TM, Woodall N, Frerk C. forth National Audit Project. Major complications of airway management in the UK. Results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: Anesthesia. *Br J Anaesth.* 2011;106:617-642.
- [47] Fried EB. The rapid sequence induction revisited: obesity and sleep apnea syndrome. *Anesthesiology Clin North Am.* 2005;23:551-564.
- [48] Mellin-Olsen J, Fasting S, Gisvold SE. Routine preoperative gastric emptying is seldom indicated: a study of 85,594 anaesthetics with special focus on aspiration pneumonia. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1996;40:1184-1188.
- [49] Tournadre JP, Chassard D, Berrada KR, Bouletreau P. Cricoid cartilage pressure decreases lower esophageal sphincter tone. *Anesthesiology.* 1997;86:7-9.
- [50] Verdich C, Madsen JL, Toubro S, et al. Effect of obesity and major weight reduction on gastric emptying. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000;24:899-905.
- [51] Ezri T, Szmuk P, Stein A, et al. Peripartum general anaesthesia without tracheal intubation: incidence of aspiration pneumonia. *Anaesthesia.* 2000;55:421-426.
- [52] Crighton IM, Martin PH, Hobbs GJ, et al. A comparison of the effects of intravenous tramadol, codeine, and morphine on gastric emptying in human volunteers. *Anesth Analg.* 1998;87:445-449.
- [53] Practice Guidelines for Preoperative Fasting and the Use of Pharmacologic Agents to reduce the risk of pulmonary aspiration: application to healthy patients undergoing elective procedures: an updated report by the American Society of Anesthesiologists task force on preoperative fasting and the use of pharmacologic agents to reduce the risk of pulmonary aspiration. *Anesthesiology.* 2017;126(3): 376–393.
- [54] Smith I, Kranke P, Murat I, et al. Perioperative fasting in adults and children: guidelines

- from the European Society of Anaesthesiology. *Eur J Anaesthesiol.* 2011;28(8):556–569.
- [55] Zetlaoui P. Échographie et gestion des voies aériennes. *EMC - Anesthésie-Réanimation* 2020;40(3):1-8 [Article 36-382-B-10].
- [56] Haskins SC, Kruisselbrink R, Boublik J, Wu CL, Perlas A. Gastric ultrasound for the regional anesthesiologist and pain specialist. *Reg Anesth Pain Med* 2018;43:689–98.
- [57] Sellick BA. Cricoid pressure to control regurgitation of stomach contents during induction of anaesthesia. *Lancet.* 1961;2:404-406.
- [58] Mahajan V, Hashmi J, Singh R, Samra T, Aneja S. Comparative evaluation of gastric pH and volume in morbidly obese and lean patients undergoing elective surgery and effect of aspiration prophylaxis. *J Clin Anesth.* 2015;27(5):396–400.
- [59] Paranjothy S, Griffiths JD, Broughton HK, Gyte GM, Brown HC, Thomas J. Interventions at caesarean section for reducing the risk of aspiration pneumonitis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;(2):CD004943.
- [60] Tanoubi I, et al. Optimizing preoxygenation in adults. *Can J Anaesth.* 2009;56(6):449-66.
- [61] Hubert S, Raucoules-Aimé M. Préoxygénation en anesthésie. *EMC - Anesthésie-Réanimation* 2016;13(2):1-7 [Article 36-375-A-50].
- [62] Berthoud M, Read DH, Norman J. Preoxygenation—how long? *Anaesthesia* 1983;38:103–7.
- [63] Bouroche G, Bourgain JL. Preoxygenation and general anesthesia: a review. *Minerva Anesthesiol* 2015;81:910–20.
- [64] Edmark L, Auner U, Enlund M, Ostberg E, Hedenstierna G. Oxygen concentration and characteristics of progressive atelectasis formation during anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 2011;55:75–81.
- [65] Berry CB, Myles PS. Preoxygenation in healthy volunteers: a graph of oxygen washin “ using “ end-tidal oxygraphy. *Br J Anaesth* 1994;72:116–8.
- [66] Gagnon C, Fortier LP, Donati F. When a leak is unavoidable, preoxygenation is equally ineffective with vital capacity or tidal volume breathing. *Can J Anaesth* 2006;53:86–91.
- [67] Pandit JJ, Duncan T, Robbins PA. Total oxygen uptake with two maximal breathing techniques and the tidal volume breathing technique: a physiologic study of preoxygenation. *Anesthesiology* 2003;99:841–6.
- [68] Solis A, Baillard C. Effectiveness of preoxygenation using the headup position and

- noninvasive ventilation to reduce hypoxaemia during intubation. *Ann Fr Anesth Reanim* 2008;27:490–4.
- [69] Frappier J, Guenoun T, Journois D, Philippe H, Aka E, Cadi P, et al. Airway management using the intubating laryngeal mask airway for the morbidly obese patient. *Anesth Analg* 2003;96:1510–5.
- [70] Rapaport S, Joannes-Boyau O, Bazin R, Janvier G. Comparaison de la technique de préoxygénation à huit capacités vitales et à volume courant chez les patientes ayant une obésité morbide. *Ann Fr Anesth Reanim* 2004;23:1155–9.
- [71] Futier E, Constantin JM, Pelosi P, Chanques G, Massone A, Petit A, et al. Noninvasive ventilation and alveolar recruitment maneuver improve respiratory function during and after intubation of morbidly obese patients: a randomized controlled study. *Anesthesiology* 2011;114:1354–63.
- [72] Sato Y, Ikeda A, Ishikawa T, Isono S. How can we improve mask ventilation in patients with obstructive sleep apnea during anesthesia induction? *J Anesth* 2013;27:152–6.
- [73] Hardman JG, Wills JS. The development of hypoxaemia during apnoea in children: a computational modelling investigation. *Br J Anaesth* 2006;97:564–70.
- [74] Chiron B, Laffon M, Ferrandiere M, Pittet JF, Marret H, Mercier C. Standard preoxygenation technique versus two rapid techniques in pregnant patients. *Int J Obstet Anesth* 2005;14:79.
- [75] Baillard C, Depret F, Levy V, Boubaya M, Beloucif S. Incidence and prediction of inadequate preoxygenation before induction of anaesthesia. *Ann Fr Anesth Reanim* 2014;33:e55–8.
- [76] El-Khatib MF, Kanazi G, Baraka AS. Noninvasive bilevel positive airway pressure for preoxygenation of the critically ill morbidly obese patient. *Can J Anaesth* 2007;54:744–7.
- [77] Baraka AS, Taha SK, Siddik-Sayyid SM, et al. Supplementation of preoxygenation in morbidly obese patients using nasopharyngeal oxygen insufflation. *Anaesthesia*. 2007;62:769-773.
- [78] Patel A, Nouraei SA. Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways. *Anaesthesia*. 2015;70(3):323.
- [79] Heard A, Toner AJ, Evans JR, et al. Apneic oxygenation during prolonged laryngoscopy in obese patients: a randomized, controlled trial of buccal RAE tube oxygen

- administration. *Anesth Analg*. 2017;124:1162-1167.
- [80] Jain S, Agarawal M, Dali J. Role of nasopharyngeal oxygen insufflation on haemoglobin desaturation following preoxygenation. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2009;25:454-458.
- [81] Ramachandran SK, Cosnowski A, Shanks A, et al. Apneic oxygenation during prolonged laryngoscopy in obese patients: a randomized, controlled trial of nasal oxygen administration. *J Clin Anesth*. 2010;22:164-168.
- [82] Moran C, Karalapillai D, Darvall J, et al. Is it time for apnoeic oxygenation during endotracheal intubation in critically ill patients? *Crit Care Resusc*. 2014;16:233-235.
- [83] Mosier JM, Hypes CD, Sakles JC. Understanding preoxygenation and apneic oxygenation during intubation in the critically ill. *Intensive Care Med*. 2017;43:226-228.
- [84] Ricard JD. Hazards of intubation in the ICU: role of nasal high flow oxygen therapy for preoxygenation and apneic oxygenation to prevent desaturation. *Minerva Anesthesiol*. 2016;82:1098-1106.
- [85] O. Langeron, J-L Bourgain, D. Francon, J. Amour, C. Baillard, G. Bouroche, et al. Intubation difficile et extubation en anesthésie chez l'adulte. *Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. Ann Fr Anesth Reanim* 2017;3:552–571.
- [86] Oliveira J. e Silva et al. Effectiveness of Apneic Oxygenation During Intubation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Annals of Emergency Medicine*. 2017;70:483-494.
- [87] Binks MJ, et al. Apneic oxygenation during intubation in the emergency department and during retrieval: A systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med*. 2017;35(10):1542.
- [88] Pavlov I, et al. Apneic oxygenation reduces the incidence of hypoxemia during emergency intubation: A systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med*. 2017;35(8):1184.
- [89] Berkow L, Hagberg CA, Crowley M. Airway management for induction of general anesthesia. 2016. Available at: <http://www.uptodate.com/contents/airway-management-for-induction-of-general-anesthesia>. Accessed November 15, 2016.
- [90] Hagberg C, Artime C. Airway Management in the Adult. In: Miller RD, Cohen NH, Eriksson LI, et al, eds. *Miller's Anesthesia*. 8th ed. Philadelphia: Elsevier; 2015.
- [91] Kheterpal S, Healy D, Aziz MF, et al. Incidence, predictors, and outcome of difficult

- mask ventilation combined with difficult laryngoscopy: a report from the multicenter perioperative outcomes group. *Anesth.* 2013;119:1360-1369.
- [92] Report and Findings of the 4th National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists. Available at: <http://www.rcoa.ac.uk/system/files/CSQ-NAP4-Full.pdf>. Accessed 15 April 2016.
- [93] Khuenl-Brady KS, Wattwil M, Vanacker BF, et al. Sugammadex provides faster reversal of vecuronium induced neuromuscular blockade compared with neostigmine: a multicenter, randomized, controlled trial. *Anesth Analg.* 2010;110:64-73.
- [94] Duvaldestin P1, Kuizenga K, Saldien V, et al. A randomized, dose-response study of sugammadex given for the reversal of deep rocuronium- or vecuronium-induced neuromuscular blockade under sevoflurane anesthesia. *Anesth Analg.* 2010;110:74-82.
- [95] Bridion (Sugammadex Sodium) Package Insert. Whitehouse Station, NJ: Merck Sharp & Dohme Corp; 2015.
- [96] Tsur A, Kalansky A. hypersensitivity associated with sugammadex administration: a systematic review. *Anaesth.* 2014;69:1251-1257.
- [97] Fotopoulou G, Theocharis S, Vasileiou I, et al. Management of the airway without the use of neuromuscular blocking agents: the use of remifentanil. *Fundam Clin Pharmacol.* 2012;26:72-85.
- [98] Lundstrom LH, Moller AM, Rosenstock C, Astrup G, Gatke MR, Wetterslev J. Avoidance of neuromuscular blocking agents may increase the risk of difficult tracheal intubation: a cohort study of 103,812 consecutive adult patients recorded in the Danish Anaesthesia Database. *Br J Anaesth.* 2009;103:283-290.
- [99] Aroni F, Iadovidou N, Dontas I, et al. Pharmacological aspects and potential new clinical applications of ketamine: reevaluation of an old drug. *J Clin Pharmacol.* 2009;49:957-964.
- [100] Nada Sabourdin. Anesthésie de l'enfant à l'estomac plein : faut-il abandonner l'induction en séquence rapide ? *Le Praticien en anesthésie réanimation.* 2013 ; 17 :314-318.
- [101] Tran DTT, Newton EK, Mount VAH, et al. Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction intubation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;(10):CD002788.
- [102] Smith KJ, Dobranowski J, Yip G, Dauphin A, Choi PT. Cricoid pressure displaces the esophagus: an observational study using magnetic resonance imaging. *Anesthesiology*

- 2003;99: 60—4.
- [103] Rice MJ, Mancuso AA, Gibbs C, Morey TE, Gravenstein N, Deitte LA. Cricoid pressure results in compression of the postcricoid hypopharynx: the esophageal position is irrelevant. *Anesth Analg* 2009;109:1546—52.
- [104] Algie CM, Mahar RK, Tan HB, Wilson G, Mahar PD, Wasiak J. Effectiveness and risks of cricoid pressure during rapid sequence induction for endotracheal intubation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;(11):CD011656.
- [105] Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, et al. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth.* 2015;115:827-848.
- [106] Ehrenfeld JM, Cassedy EA, Forves VE, Mercaldo ND, Sandberg WS. Modified rapid sequence induction and intubation; a survey of United States current practice. *Anesth Analg.* 2012;115:95-101.
- [107] Holzman RS, van der Velde ME, Kaus SJ, et al. Sevoflurane depresses myocardial contractility less than halothane during induction of anesthesia in children. *Anesth.* 1996;85:1260-1267.
- [108] Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, et al. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology.* 2013;118(2):251–270.
- [109] Allan F. Simpaio et al. (2016) *Smith's Anesthesia for Infants and Children*. Edition: 9. Chapter: 16. Editors: Davis PJ, Clavids FP.
- [110] Henderson J. Airway management. In: Miller RD, ed. *Miller's Anesthesia*. 7th ed. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone/Elsevier; 2010:1573–1610.
- [111] Von Goedecke A, Voelckel WG, Wenzel V, et al. Mechanical versus manual ventilation via a face mask during the induction of anesthesia: a prospective, randomized, crossover study. *Anesth Analg.* 2004;98(1):260–263; table of contents.
- [112] Joffe AM, Hetzel S, Liew EC. A two-handed jaw-thrust technique is superior to the one-handed “EC-clamp” technique for mask ventilation in the apneic unconscious person. *Anesthesiology.* 2010;113(4):873–879.
- [113] Weiler N, Heinrichs W, Dick W. Assessment of pulmonary mechanics and gastric inflation pressure during mask ventilation. *Prehosp Disaster Med.* 1995;10(2):101–105.

- [114] Isono S, Tanaka A, Ishikawa T, Tagaito Y, Nishino T. Sniffing position improves pharyngeal airway patency in anesthetized patients with obstructive sleep apnea. *Anesthesiology*. 2005;103(3):489–494.
- [115] Jacques de Montblanc. Utilisation pratique du masque laryngé. *Le Praticien en anesthésie réanimation*. 2016 ; 20, 279 – 286.
- [116] Hernandez MR, Klock Jr PA, Ovassapian A. Evolution of the extraglottic airway: a review of its history, applications, and practical tips for success. *Anesth Analg*. 2012;114(2):349–368.
- [117] Timmermann A. Supraglottic airways in difficult airway management: successes, failures, use and misuse. *Anaesthesia*. 2011;66(suppl 2):45–56.
- [118] Law JA, Broemling N, Cooper RM, et al. The difficult airway with recommendations for management—part 2—the anticipated difficult airway. *Can J Anesth*. 2013;60(11):1119–1138.
- [119] Ramachandran SK, Mathis MR, Tremper KK, et al. Predictors and clinical outcomes from failed laryngeal mask airway unique: a study of 15,795 patients. *Anesthesiology*. 2012;116(6):1217–1226.
- [120] Brain AI. The laryngeal mask — a new concept in airway management. *Br J Anaesth* 1983;55:801—5.
- [121] Kerry Klinger and Andrew Infosino. (2018) *Basics of Anesthesia: First South Asia Edition*. Chapter: 16. Editors: Ravinder Batra, Preet Singh.
- [122] Wong DT, Yang JJ, Jagannathan N. Brief review: the LMA supreme supraglottic airway. *Can J Anesth J*. 2012;59(5): 483–493.
- [123] An J, Shin SK, Kim KJ. Laryngeal mask airway insertion in adults: comparison between fully deflated and partially inflated technique. *Yonsei Med J* 2013;54:747—51.
- [124] Nakayama S, Osaka Y, Yamashita M. The rotational technique with a partially inflated laryngeal mask airway improves the ease of insertion in children. *Paediatr Anaesth* 2002;12:416—9.
- [125] Kumar D, Khan M, Ishaq M. Rotational vs standard smooth laryngeal mask airway insertion in adults. *J Coll Physicians Surg Pak* 2012;22:275—9.
- [126] de Montblanc J, Ruscio L, Mazoit JX, Benhamou D. A systematic review and meta-analysis of the i-gel® vs laryngeal mask airway in adults. *Anaesthesia* 2014;69:1151—62.

- [127] Driver BE, Reardon RF. Basic airway management and decision making. In: Roberts JR, Custalow CB, Thomsen TW, eds. *Roberts and Hedges' Clinical Procedures in Emergency Medicine and Acute Care*. 7th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2019: chap 3.
- [128] Combes X, Jabre P, Margenet A, et al: Unanticipated difficult airway management in the prehospital emergency setting: prospective validation of an algorithm. *Anesthesiology* 114(1):105–110, 2011.
- [129] Amathieu R, Combes X, Abdi W, et al: An algorithm for difficult airway management, modified for modern optical devices (Airtraq laryngoscope; LMA CTrach): a 2-year prospective validation in patients for elective abdominal, gynecologic, and thyroid surgery. *Anesthesiology* 114:25, 2011.
- [130] Joo HS, Kapoor S, Rose DK, et al: The intubating laryngeal mask airway after induction of general anesthesia versus awake fiberoptic intubation in patients with difficult airways. *Anesth Analg* 92:1342, 2001.
- [131] Gerstein NS, Braude DA, Hung O, et al: The Fastrach intubating laryngeal mask airway: an overview and update. *Can J Anaesth* 57:588-601, 2010.
- [132] Liu EH, Goy RW, Lim Y, et al: Success of tracheal intubation with intubating laryngeal mask airways: a randomized trial of the LMA Fastrach and LMA CTrach. *Anesthesiology* 108:621, 2008.
- [133] Timmermann A, Russo SG, Crozier TA, et al: Novices ventilate and intubate quicker and safer via intubating laryngeal mask than by conventional bag-mask ventilation and laryngoscopy. *Anesthesiology* 107:570, 2007.
- [134] Choyce A, Avidan MS, Shariff A, et al: A comparison of the intubating and standard laryngeal mask airways for airway management by inexperienced personnel. *Anaesthesia* 56:357, 2001.
- [135] Reeves MD, Skinner MW, Ginifer CJ: Evaluation of the intubating laryngeal mask airway used by occasional intubators in simulated trauma. *Anaesth Intensive Care* 32:73, 2004.
- [136] Asai T, Wagle AU, Stacey M: Placement of the intubating laryngeal mask is easier than the laryngeal mask during manual in-line neck stabilization. *Br J Anaesth* 82:712, 1999.
- [137] Komatsu R, Nagata O, Kamata K, et al: Comparison of the intubating laryngeal mask airway and laryngeal tube placement during manual in-line stabilisation of the neck.

- Anaesthesia 60:113, 2005.
- [138] Erlacher W, Tiefenbrunner H, Kastenbauer T, et al: CobraPLUS and Cookgas air-Q versus Fastrach for blind endotracheal intubation: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 28:181, 2011.
- [139] Cook T, Howes B. Supraglottic airway devices: recent advances. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain*. 2011;11(2):56–61.
- [140] Hagberg C. Current concepts in the management of difficult airway. *Anesthesiol News*. 2014;11(1):1–28.
- [141] Ferson DZ, Rosenblatt WH, Johansen MJ, Osborn I, Ovassapian A. Use of the intubating LMA-Fastrach<sup>TM</sup> in 254 patients with difficult-to-manage airways. *Anesthesiology* 2001; 95: 1175-81.
- [142] Sastry SG, Lemmens HJ. The intubating laryngeal mask airway: rocuronium improves endotracheal intubating conditions and success rate. *J Clin Anesth* 2005; 17: 163-6.
- [143] Van Vlymen JM, Coloma M, Tongier WK, White PF. Use of the intubating laryngeal mask airway: are muscle relaxants necessary. *Anesthesiology* 2000; 93: 340-5.
- [144] Agro F, Frass M, Benumof JL, Krafft P. Current status of the Combitube: a review of the literature. *J Clin Anesth*. 2002;14(4):307–314.
- [145] Gaitini LA, Yanovsky B, Somri M, et al: Prospective randomized comparison of the EasyTube and the esophageal-tracheal Combitube airway devices during general anesthesia with mechanical ventilation. *J Clin Anesth* 23:475, 2011.
- [146] Atherton GL, Johnson JC: Ability of paramedics to use the Combitube in prehospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 22:1263, 1993.
- [147] Frass M, Rödler S, Frenzer R, et al: Esophageal tracheal combitube, endotracheal airway, and mask: comparison of ventilatory pressure curves. *J Trauma* 29:1476, 1989.
- [148] Lefrancois DP, Dufour DG: Use of the esophageal tracheal combitube by basic emergency medical technicians. *Resuscitation* 52:77, 2002.
- [149] Ochs M, Vilke GM, Chan TC, et al: Successful prehospital airway management by EMT-Ds using the combitube. *Prehosp Emerg Care* 4:333, 2000.
- [150] Brimacombe J: Other extraglottic airway devices. In Brimacombe J, editor: *Laryngeal mask anesthesia*, Philadelphia, 2005, Saunders, p 577.
- [151] Paventi S, Liturri S, Colio B, et al: Airway management with the Combitube during anaesthesia and in an emergency. *Resuscitation* 51:129, 2001.

- [152] Urtubia RM: ‘Tricks of the trade’ with the esophageal-tracheal Combitube. *Acta Anaesthesiol Scand* 46:340, 2002.
- [153] Wee MY: The oesophageal detector device. Assessment of a new method to distinguish oesophageal from tracheal intubation. *Anaesthesia* 43:27, 1988.
- [154] Genzwuerker HV, Hilker T, Hohner E, et al: The laryngeal tube: a new adjunct for airway management. *Prehosp Emerg Care* 4:168, 2000.
- [155] Asai T, Shingu K: The laryngeal tube. *Br J Anaesth* 95:729, 2005.
- [156] Cook TM: The laryngeal tube sonda (LTS) and the LTS II. *Acta Anaesthesiol Scand* 50:521, 2006.
- [157] Genzwuerker HV, Altmayer S, Hinkelbein J, et al: Prospective randomized comparison of the new Laryngeal Tube Suction LTS II and the LMAProSeal for elective surgical interventions. *Acta Anaesthesiol Scand* 51:1373, 2007.
- [158] Mihai R, Knottenbelt G, Cook TM: Evaluation of the revised laryngeal tube suction: the laryngeal tube suction II in 100 patients. *Br J Anaesth* 99:734, 2007.
- [159] Asai T, Matsumoto S, Shingu K, et al: Use of the laryngeal tube after failed insertion of a laryngeal mask airway. *Anaesthesia* 60:825, 2005.
- [160] Matic AA, Olson J: Use of the laryngeal tube in two unexpected difficult airway situations: lingual tonsillar hyperplasia and morbid obesity. *Can J Anaesth* 51:1018, 2004.
- [161] Scheller B, Schalk R, Byhahn C, et al: Laryngeal tube suction II for difficult airway management in neonates and small infants. *Resuscitation* 80:805, 2009.
- [162] Wiese CH, Semmel T, Müller JJ, et al: The use of the laryngeal tube disposable (LT-D) by paramedics during out-of-hospital resuscitation—an observational study concerning ERC guidelines 2005. *Resuscitation* 80:194, 2009.
- [163] Gahan K, Studnek JR, Vandeventer S: King LT-D use by urban basic life support first responders as the primary airway device for out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 82:1525–1528, 2011.
- [164] Jabre P, Penaloza A, Pinero D, Duchateau F-X, Borron SW, Javaudin F, et al. Effect of Bag-Mask Ventilation vs endotracheal intubation during cardiopulmonary resuscitation on neurological outcome after out-of-hospital cardiorespiratory arrest: a randomized clinical trial. *JAMA* 2018;319:779–87.
- [165] American Society for testing and materials standard for cuffed and uncuffed tracheal tubes. Philadelphia: ASTM; 1989.

- [166] Le Guen M, Fischler M. Anesthésie pour chirurgie thoracique. EMC - Anesthésie-Réanimation 2016;13(1):1- 15 [Article 36-570-A-10].
- [167] Dumans-Nizard V, Parquin JF, Moyer JD, Dreyfus JF, Fischler M, Le Guen M. Left double-lumen tube with or without a carinal hook: a randomised controlled trial. Eur J Anaesthesiol 2015;32: 418–24.
- [168] Dumans-Nizard V, Liu N, Laloe PA, Fischler M. A comparison of the deflecting-tip bronchial blocker with a wire-guided blocker or leftsided double-lumen tube. J Cardiothorac Vasc Anesth 2009;23:501–5.
- [169] Combes X, Péan D, Lenfant F, Francon D, Marciniak B, Legras A. Matériel d'intubation et de ventilation utilisables en cas de contrôle difficile des voies aériennes. Législation et maintenance. Question 4. Ann Fr Anesth Reanim 2008;27:33-40.
- [170] Vial FV, Atoui AA, Bousquet SB, Boileau SB, Fresson JF, Sindt MS, et al. Évaluation de la qualité d'intubation lors de l'utilisation de deux lames de laryngoscope à usage Unique : métallique versus plastique. Ann Fr Anesth Reanim 2007;26:R170.
- [171] Société française d'anesthésie et de réanimation, Club d'anesthésie ORL, Club d'anesthésie en obstétrique, Association des anesthésistes-réanimateurs pédiatriques d'expression française, Samu de France, Société française de médecine d'urgence. Intubation difficile. Conférence d'Experts. Ann Fr Anesth Reanim 2008;27:3–62.
- [172] Cooper RM. Strengths and limitations of airway techniques. Anesthesiol Clin. 2015;33(2):241–255.
- [173] Paolini J, Donati F, Drolet P. Review article: video-laryngoscopy: another tool for difficult intubation or a new paradigm in airway management? Can J Anesth. 2013;60(2):184–191.
- [174] Aziz MF, Healy D, Kheterpal S, et al. Routine clinical practice effectiveness of the glidescope in difficult airway management: an analysis of 2,004 glidescope intubations, complications, and failures from two institutions. Anesthesiology. 2011;114(1):34–41.
- [175] Rosenstock CV, Thogersen B, Afshari A, et al. Awake fiberoptic or awake video laryngoscopic tracheal intubation in patients with anticipated difficult airway management: a randomized clinical trial. Anesthesiology. 2012;116(6):1210–1216.
- [176] Aziz MF, Abrons RO, Cattano D, Bayman EO, Swanson DE, Hagberg CA, et al. First-attempt intubation success of video laryngoscopy in patients with anticipated difficult

- direct laryngoscopy: a multicenter randomized controlled trial comparing the C-MAC D-Blade versus the GlideScope in a mixed provider and diverse patient population. *Anesth Analg* 2016;122:740–50.
- [177] Taylor AM, Peck M, Launcelott S, Hung OR, Law JA, MacQuarrie K, et al. The McGrath® Series 5 videolaryngoscope vs the Macintosh laryngoscope: a randomised, controlled trial in patients with a simulated difficult airway. *Anaesthesia* 2013;68:142–7.
- [178] Aziz MF, Brambrink AM, Healy DW, Willett AW, Shanks A, Tremper T, et al. Success of intubation rescue techniques after failed direct laryngoscopy in adults: a retrospective comparative analysis from the Multicenter Perioperative Outcomes Group. *Anesthesiology* 2016;125:656–66.
- [179] Piepho T, Fortmueller K, Heid FM, Schmidtman I, Werner C, Noppens RR. Performance of the C-MAC video laryngoscope in patients after a limited glottic view using Macintosh laryngoscopy. *Anaesthesia* 2011;66:1101–5.
- [180] Griesdale DE, Liu D, McKinney J, Choi PT. Glidescope® video-laryngoscopy versus direct laryngoscopy for endotracheal intubation: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anesth.* 2012; 59(1):41–52.
- [181] Serocki G, Neumann T, Scharf E, et al. Indirect videolaryngoscopy with C-MAC D-blade and GlideScope: a randomized, controlled comparison in patients with suspected difficult airways. *Minerva Anestesiol.* 2013;79(2):121–129.
- [182] <http://www.airtraq.com/downloads/#downloadstitle2>. © Prodol Meditec.
- [183] <https://www.ambu.com/airway-management-andanaesthesia/videolaryngoscopes/product/king-vision-ablade>.
- [184] Hodzovic I, Wilkes AR, Latto IP. To shape or not to shape ... simulated bougie-assisted difficult intubation in a manikin. *Anaesthesia.* 2003;58:792-797.
- [185] Kidd JF, Dyson A, Latto IP. Successful difficult intubation. Use of the gum elastic bougie. *Anaesthesia.* 1988;43:437-438.
- [186] Arisaka H, Sakuraba S, Furuya M, et al. Application of gum elastic bougie to nasal intubation. *Anesth Prog.* 2010;57:112-113.
- [187] Levitan RM, Pisaturo JT, Kinkle WC, Butler K, Everett WW. Stylet bend angles and tracheal tube passage using a straight-to-cuff shape. *Acad Emerg Med.* 2006;13:1255-1258.
- [188] Gataure PS, Vaughan RS, Latto IP. Simulated difficult intubation. Comparison of the

- gum elastic bougie and the stylet. *Anaesthesia*. 1996;51:935-938.
- [189] Hung OR, Pytka S, Morris I, Murphy M, Stewart RD. Lightwand for tracheal intubation in patients with difficult airway. *Can J Anaesth* 1995;42:826-30.
- [190] Liem EB, Bjoraker DG, Gravenstein D. New options for airway management: intubating fiberoptic stylets. *Br J Anaesth*. 2003;91: 408-418.
- [191] Bensghir M, Alaoui H, Azendour H, et al. Faster double-lumen tube intubation with the videolaryngoscope than with a standard laryngoscope. *Can J Anaesth*. 2010;57:980-984.
- [192] Brodsky JB, Benumof JL, Ehrenwerth J, et al. Depth of placement of left double-lumen endobronchial tubes. *Anesth Analg*. 1991;73:570-572.
- [193] Cohen E. Double-lumen tube position should be confirmed by fiberoptic bronchoscopy. *Curr Opin Anaesthesiol* 2004;17:1–6.
- [194] Klein U, Karzai W, Bloos F, Wohlfarth M, Gottschall R, Fritz H, et al. Role of fiberoptic bronchoscopy in conjunction with the use of double-lumen tubes for thoracic anesthesia: a prospective study. *Anesthesiology* 1998;88:346–50.
- [195] Pennefather SH, Russell GN. Placement of double lumen tubes—time to shed light on an old problem. *Br J Anaesth* 2000;84:308–10.
- [196] Lieberman D, Littleford J, Horan T, Unruh H. Placement of left double lumen endobronchial tubes with or without a stylet. *Can J Anaesth* 1996;43:238–42.
- [197] Merli G, Guarino A, Della Rocca G, Frova G, Petrini F, Sorbello M, et al. Recommendations for airway control and difficult airway management in thoracic anesthesia and lung separation procedures. *Minerva Anesthesiol* 2009;75:59–78.
- [198] Cheney FW, Posner KL, Lee LA, et al. Trends in anesthesia-related death and brain damage: a closed claims analysis. *Anesthesiology*. 2006;105:1081-1086.
- [199] Yentis SM. Predicting difficult intubation—worthwhile exercise or pointless ritual? *Anaesthesia*. 2002;57:105–109.
- [200] Langeron O, Bourgain J-L, Laccoureye O, Legras A, Orliaguet G. Difficult airway algorithms and management: question 5. *Société Française d'Anesthésie et de Réanimation*. *Ann Fr Anesth Reanim* 2008;27:41–5.
- [201] Kheterpal S, Han R, Tremper KK, et al. Incidence and predictors of difficult and impossible mask ventilation. *Anesthesiology*. 2006;105:885-891.
- [202] Kheterpal S, Martin L, Shanks AM, et al. Prediction and outcomes of impossible mask ventilation: a review of 50,000 anesthetics. *Anesthesiology*. 2009;110:891-897.

- [203] Langeron O, Masso E, Huraux C, et al. Prediction of difficult mask ventilation. *Anesthesiology*. 2000;92:1229-1236.
- [204] El Ganzouri AR, McCarthy RJ, Tuman KJ, et al. Preoperative airway assessment: predictive value of a multivariate risk index. *Anesth Analg*. 1996;82:1197-1204.
- [205] Asai T, Koga K, Vaughan RS. Respiratory complications associated with tracheal intubation and extubation. *Br J Anaesth*. 1998;80: 767-775.
- [206] Rose DK, Cohen MM. The airway: problems and predictions in 18,500 patients. *Can J Anaesth*. 1994;41:372-383.
- [207] Diemunsch P, Langeron O, Richard M, Lenfant F. [Prediction and definition of difficult mask ventilation and difficult intubation: question 1. Société française d'anesthésie et de réanimation]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2008;27(1):3–14.
- [208] Martin LD, Mhyre JM, Shanks AM, et al. 3,423 emergency tracheal intubations at a university hospital: airway outcomes and complications. *Anesthesiology*. 2011;114:42-48.
- [209] Munnur U, de Boisblanc B, Suresh MS. Airway problems in pregnancy. *Crit Care Med*. 2005;33:S259-S268.
- [210] Bellhouse CP, Dore C. Criteria for estimating likelihood of difficulty of endotracheal intubation with the Macintosh laryngoscope. *Anaesth Intensive Care*. 1988;16:329-337.
- [211] Tunstall ME. Failed intubation in the parturient. *Can J Anaesth*. 1989;36:611-613.
- [212] Cormack RS, Lehane J. Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia*. 1984;39:1105–1111.
- [213] Rutter JM, Murphy PG. Cormack and Lehane revisited. *Anaesthesia*. 1997;52:927.
- [214] Mallampati SR, Gatt SP, Gugino LD, Desai SP, Waraksa B, Freiburger D, et al. A clinical sign to predict difficult tracheal intubation: a prospective study. *Can Anaesth Soc J* 1985;32:429–34.
- [215] Samssoon GL, Young JR. Difficult tracheal intubation: a retrospective study. *Anaesthesia*. 1987;42:487–490
- [216] Hegde HV, Prasad KC, Bhat MT, et al. Airway difficulty in Mallampati 'class zero' patients: a prospective double-blind observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2012;29(7):338-42.
- [217] Fang B, Norris J. Class zero airway and laryngoscopy (Letter). *Anesth Analg* 2004; 98: 870–1.

- [218] Mashour GA, et al. The extended Mallampati score and a diagnosis of diabetes mellitus are predictors of difficult laryngoscopy in the morbidly obese. *Anesth Analg.* 2008;107:1919.
- [219] Lundstrom LH, et al. Poor prognostic value of the modified Mallampati score: a meta-analysis involving 177 088 patients. *Br J Anaesth.* 2011;107:659-67.
- [220] Shiga T, Wajima Z, Inoue T, Sakamoto A. Predicting difficult intubation in apparently normal patients. A meta-analysis of bedside screening test performance. *Anesthesiology* 2005;103:429-37.
- [221] Lee A, Fan LT, Gin T, Karmakar MK, Ngan Kee WD. A systematic review (meta analysis) of the accuracy of the Mallampati tests to predict the difficult airway. *Anesth Analg* 2006;102:1867-78.
- [222] Wilson ME, Spiegelhalter D, Robertson JA, Lesser P. Predicting difficult intubation. *Br J Anaesth.* 1988;61:211–216.
- [223] Calder I, Calder J, Crockard HA. Difficult direct laryngoscopy in patients with cervical spine disease. *Anaesthesia.* 1995;50:756–763.
- [224] Khan ZH, Mohammadi M, Rasouli MR, et al. The diagnostic value of the upper lip bite test combined with sternomental distance, thyromental distance, and interincisor distance for prediction of easy laryngoscopy and intubation: a prospective study. *Anesth Analg.* 2009;109:822–824.
- [225] Law JA, Broemling N, Cooper RM, Drolet P, Duggan LV, Griesdale DE, et al. The difficult airway with recommendations for management—part 1—difficult tracheal intubation encountered in an unconscious/induced patient. *Can J Anaesth* 2013;60:1089–118.
- [226] Oates JD, Macleod AD, Oates PD, et al. Comparison of two methods for predicting difficult intubation. *Br J Anaesth.* 1991;66:305–309.
- [227] Arné J, Descoins P, Fusciardi J, Ingrand P, Ferrier B, Boudigues D, et al. Preoperative assessment for difficult intubation in general and ENT surgery: predictive value of a clinical multivariate risk index. *Br J Anaesth* 1998;80:140–6.
- [228] Adnet F, Borron SW, Racine SX, Clemessy JL, Fournier JL, Plaisance P, et al. The intubation difficulty scale (IDS): proposal and evaluation of new score characterizing the difficulty of endotracheal intubation. *Anesthesiology* 1997;87:1290–7.
- [229] De Jong A, Molinari N, Terzi N, et al. Early identification of patients at risk for difficult intubation in the intensive care unit: development and validation of the MACOCHA

- score in a multicenter cohort study. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187:832–9.
- [230] Ahmad I, et al. Virtual endoscopy--a new assessment tool in difficult airway management. *J Clin Anesth.* 2015;27(6):508-13.
- [231] Cuendet GL, et al. Facial Image Analysis for Fully Automatic Prediction of Difficult Endotracheal Intubation. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2016;63(2):328-39.
- [232] Bein B, Worthmann F, Scholz J, Brinkmann F, Tonner PH, Steinfath M, et al. A comparison of the intubating laryngeal mask airway and the Bonfils intubation fibroscope in patients with predicted difficult airways. *Anaesthesia* 2004;59:668–74.
- [233] Mason RA, Fielder CP. The obstructed airway in head and neck surgery. *Anaesthesia* 1999;54:625–8.
- [234] Asai T, Shingu K. Difficulty in advancing a tracheal tube over a fiberoptic bronchoscope: incidence, causes and solutions. *Br J Anaesth* 2004;92:870–81.
- [235] Langeron O, Semjen F, Bourgain JL, Marsac A, Cros AM. Comparison of the intubating laryngeal mask airway with the fiberoptic intubation in anticipated difficult airway management. *Anesthesiology* 2001;94: 968-72.
- [236] Mainland PA, Kong AS, Chung DC, Chan CH, Lai CK. Absorption of lidocaine during aspiration anesthesia of the airway. *J Clin Anesth* 2001;13:440–6.
- [237] Machata A-M, Gonano C, Holzer A, Andel D, Spiss CK, Zimpfer M, et al. Awake nasotracheal fiberoptic intubation: patient comfort, intubating conditions, and hemodynamic stability during conscious sedation with remifentanyl. *Anesth Analg* 2003;97:904–8.
- [238] Smith JE, Jackson AP, Hurdley J, Clifton PJ. Learning curves for fiberoptic nasotracheal intubation when using the endoscopic video camera. *Anaesthesia* 1997;52:101–6.
- [239] Bouquillon E, Demez P, Micault E, Babin E. Cordectomies endoscopiques. *EMC - Techniques chirurgicales-Tête et cou* 2017. [46–362].
- [240] Bourgain J-L, Chollet M, Fischler M, Gueret G, Mayne A. membres du conseil du club en anesthésie en ORL. Guide for the use of jetventilation during ENT and oral surgery. *Ann Fr Anesth Reanim* 2010;29:720–7.
- [241] Hamaekers A, Henderson J. Equipment and strategies for emergency tracheal access in the adult patient. *Anaesthesia.* 2011;66(suppl 2):65–80.
- [242] Eberhart LH, Arndt C, Cierpka T, Schwanekamp J, Wulf H, Putzke C. The reliability and validity of the upper lip bite test compared with the Mallampati classification to

- predict difficult laryngoscopy: an external prospective evaluation. *Anesth Analg.* 2005;101:284-9.
- [243] Schaumann N, Lorenz V, Schellongowski P, et al. Evaluation of Seldinger technique emergency cricothyroidotomy versus standard surgical cricothyroidotomy in 200 cadavers. *J Am Soc Anesthesiol.* 2005;102(1):7–11.
- [244] Kristensen MS, Teoh WH, Baker PA. Percutaneous emergency airway access; prevention, preparation, technique and training. *Br J Anaesth.* 2015;114(3):357–361.
- [245] Rehm CG, Wanek SM, Gagnon EB, Pearson SK, Mullins RJ. Cricothyroidotomy for elective airway management in critically ill trauma patients with technically challenging neck anatomy. *Crit Care* 2002;6:531–5.
- [246] Petrini F, Accorsi A, Adrario E, et al. Gruppo di Studio SIAARTI. Recommendations for airway control and difficult airway management. *Minerva Anesthesiol.* 2005;71:617-657.
- [247] Piepho T, Cavus E, Noppens R, et al. S1 guidelines on airway management: guideline of the German Society of Anesthesiology and Intensive Care Medicine. *Anaesthesist.* 2015;64(1):27-40.
- [248] Yu BW, Wu XM, Zuo MZ, et al. Guidelines for management of the difficult airway. *J Clin Anesthesiol.* 2013;29(1).
- [249] Japanese Society of Anesthesiologists airway management guideline 2014: to improve the safety of induction of anesthesia. *J Anesth.* 2014;28:482-493.
- [250] Artime CA, Hagberg CA. Is there a gold standard for management of the difficult airway? *Anesthesiol Clin.* 2015;33:233-240.
- [251] Marshall SD, Pandit JJ. Radical evolution: the 2015 guidelines for managing unanticipated difficult or failed tracheal intubation. *Anaesthesia.* 2016;71:131-137.
- [252] Zaouter C, Calderon J, Hemmerling TM. Videolaryngoscopy as a new standard of care. *Br J Anaesth.* 2015;114:181-183.
- [253] Donati F. Airway management: judgment and communication more than gadgets. *Can J Anaesth.* 2013;60:1035-1040.
- [254] American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway: practice guidelines for management of the difficult airway: a report. *Anesthesiology.* 1993;78:597-602..
- [255] Hagberg CA, Connis RT. 2015 Guidelines for management of the unanticipated difficult airway in adults, not just another algorithm. *Br J Anaesthesia.* 2015;115:812-

814.

- [256] Black AE, Flynn PER, Smith HL, Thomas HL, Wilkinson KA. Association of Pediatric Anaesthetists of Great Britain and Ireland. Development of a guideline for the unanticipated difficult airway in pediatric practice. *Paediatr Anaesth*. 2015;25:346-362.
- [257] Mushambi MC, Kinsella SM, Popat M, et al. Obstetric Anaesthetists Association and guidelines for the management of difficult and tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia*. 2015;70:1286-1306.
- [258] Popat M, Mitchell V, Dravid R, Patel A, Swampillai C, Higgs A. Difficult airway guidelines for the management of tracheal extubation. *Anaesthesia*. 2012;67:318-340.
- [259] Peterson GN, Domino KB, Caplan RA, Posner KL, Lee LA, Cheney FW. Management of the difficult airway: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 2005;103:33–9.
- [260] Cook TM. Litigation in anaesthesia: areas of high clinical risk and the National Audit Projects. *Br J Anaesth* 2012;109:1005–6.
- [261] Francon D, Jaber S, Pean D, Bally B, Marciniak B. [Difficult extubation: extubation criteria and management of risk situations: question 6. Société française d'anesthésie et de réanimation]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2008;27:46–53.
- [262] Chinachoti T, Poopipatpab S, Buranatrevedhya S, Taratarnkoolwatana K, Werawataganon T, Jantorn P. The Thai Anesthesia Incident Monitoring Study (Thai AIMS) of post-anesthetic reintubation: an analysis of 184 incident reports. *J Med Assoc Thai* 2008;91:1706–13.
- [263] Lee PJ, MacLennan A, Naughton NN, O'Reilly M. An analysis of reintubations from a quality assurance database of 152,000 cases. *J Clin Anesth* 2003;15:575–81.
- [264] Brueckmann B, Villa-Urbe JL, Bateman BT, Grosse-Sundrup M, Hess DR, Schlett CL, et al. Development and validation of a score for prediction of postoperative respiratory complications. *Anesthesiology* 2013;118:1276–85.
- [265] Lin HT, Ting PC, Chang WY, Yang MW, Chang CJ, Chou AH. Predictive risk index and prognosis of postoperative reintubation after planned extubation during general anesthesia: a single-center retrospective case-controlled study in Taiwan from 2005 to 2009. *Acta Anaesthesiol* 2013;51:3–9.
- [266] Rujirojindakul P, Geater AF, McNeil EB, Vasinanukorn P, Prathep S, Asim W, et al. Risk factors for reintubation in the post-anaesthetic care unit: a case-control study. *Br J Anaesth* 2012;109:636–42.

- [267] Murphy GS, Szokol JW, Marymont JH, et al. Intraoperative acceleromyographic monitoring reduces the risk of residual neuromuscular blockade and adverse respiratory events in the postanesthesia care unit. *Anesthesiology* 2008;109:389–98.
- [268] Motamed C, Bourgain JL, D'Hollander A. Survey of muscle relaxant effects management with a kinemyographic-based data archiving system: a retrospective quantitative and contextual quality control approach. *J Clin Monit Comput* 2013;27:669–76.
- [269] Kamata M, Hakim M, Tobias JD. Residual volume in the cuff of the endotracheal tube when the pilot balloon is torn off instead of deflated using a syringe. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2016;86:15–8.
- [270] Devys JM, Balleau C, Jayr C, Bourgain JL. Biting the laryngeal mask: an unusual cause of negative pressure pulmonary edema. *Can J Anaesth* 2000;47:176–8.
- [271] Futier E, Constantin JM, Paugam-Burtz C, et al. A trial of intraoperative low-tidalvolume ventilation in abdominal surgery. *N Engl J Med* 2013;369:428–37.
- [272] Michiels G, Marchal V, Ledoux D, Damas P. Measuring end expiratory lung volume after cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Belg* 2012;63:115–20.
- [273] Lumb AB, Greenhill SJ, Simpson MP, Stewart J. Lung recruitment and positive airway pressure before extubation does not improve oxygenation in the post-anaesthesia care unit: a randomized clinical trial. *Br J Anaesth* 2010;104:643–7.
- [274] Arbous MS, Meursing AE, Van Kleef JW, et al. Impact of anesthesia management characteristics on severe morbidity and mortality. *Anesthesiology* 2005;102:257–68.
- [275] Mort TC. Continuous airway access for the difficult extubation: the efficacy of the airway exchange catheter. *Anesth Analg* 2007;105:1357–62.
- [276] McLean S, Lanam CR, Benedict W, et al. Airway exchange failure and complications with the use of the Cook Airway Exchange Catheter(R): a single center cohort study of 1177 patients. *Anesth Analg* 2013;117:1325–7.
- [277] Mort TC. Tracheal tube exchange: feasibility of continuous glottic viewing with advanced laryngoscopy assistance. *Anesth Analg* 2009;108:1228–31.
- [278] Duggan LV, Law JA, Murphy MF. Brief review: Supplementing oxygen through an airway exchange catheter: efficacy, complications, and recommendations. *Can J Anaesth* 2011;58:560–8.
- [279] Fourcade A, Blache JL, Grenier C, et al. Barriers to staff adoption of a surgical safety checklist. *BMJ Qual Saf* 2012;21:191–7.

- [280] Auroy Y, Benhamou D, Péquignot F, Bovet M, Jouglu E, Lienhart A. Mortality related to anaesthesia in France: analysis of deaths related to airway complications. *Anaesthesia* 2009;64:366–70.
- [281] Constant I, Louvet N, Guye ML, Sabourdin N. General anaesthesia in children: a French survey of practices. *Ann Fr Anesth Reanim* 2012;31:709–23 [French].
- [282] Habre W, Disma N, Virag K, Becke K, Hansen TG, Jöhr M, et al. Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT): a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *Lancet Respir Med* 2017;5:412–25.
- [283] C. Dadure, N. Sabourdin, F. Veyckemans, F. Babre, N. Bourdaud, S. Dahmani, et al. Management of the child's airway under anaesthesia: The French guidelines. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2019 Feb 23. pii: S2352-5568(19)30070-0. doi: 10.1016/j.accpm.2019.02.004. [Epub ahead of print].
- [284] Bhananker SM, Ramamoorthy C, Geiduschek JM, et al. Anesthesia-related cardiac arrest in children: update from the pediatric perioperative cardiac arrest registry. *Anesth Analg* 2007;105:344–50.
- [285] Von Ungern-Sternberg BS, Boda K, Chambers NA, et al. Risk assessment for respiratory complications in paediatric anaesthesia: a prospective cohort study. *Lancet* 2010;376:773–83.
- [286] Rachel Homer J, Elwood T, Peterson D, Rampersad S. Risk factors for adverse events in children with colds emerging from anesthesia: a logistic regression. *Paediatr Anaesth* 2007;17:154–61.
- [287] Heinrich S, Birkholz T, Ihmsen H, Irouschek A, Ackermann A, Schmidt J. Incidence and predictors of difficult laryngoscopy in 11,219 pediatric anesthesia procedures. *Paediatr Anaesth* 2012;22:729–36.
- [288] Tait AR, Reynolds PI, Gutstein HB. Factors that influence an anesthesiologist's decision to cancel elective surgery for the child with an upper respiratory tract infection. *J Clin Anesth* 1995;7:491–9.
- [289] Von Ungern-Sternberg BS, Saudan S, Petak F, Hantos Z, Habre W. Desflurane but not sevoflurane impairs airway and respiratory tissue mechanics in children with susceptible airways. *Anesthesiology* 2008;108:216–24.
- [290] Nimmagadda U, Salem M, Crystal G. Preoxygenation: physiologic basis, benefits, and potential risks. *Anesth Analg* 2017;124:507–17.
- [291] Hardman JG, Wills JS. The development of hypoxemia during apnea in children: a

- computational modelling investigation. *Br J Anaesth* 2006;97:564–70.
- [292] Neuhaus D. Controlled rapid sequence induction and intubation – an analysis of 1001 children. *Paediatr Anaesth* 2013;23:734–40.
- [293] Gencorelli FG, et al. Complications during rapid sequence induction of general anesthesia in children: a benchmark study. *Paediatr Anaesth* 2010;20:421–4.
- [294] Fesseau R, Alacoque X, Larcher C, Morel L, Lepage B, Kern D. An ADARPEF survey on respiratory management in pediatric anesthesia. *Paediatr Anaesth* 2014;24:1099–105.
- [295] Chambers NA, Ramgolam A, Sommerfield D, et al. Cuffed vs. uncuffed tracheal tubes in children: a randomised controlled trial comparing leak, tidal volume and complications. *Anaesthesia* 2018;73:160–8.
- [296] De Orange FA, Andrade RG, Lemos A, Borges PS, Figueiroa JN, Kovatsis PG. Cuffed versus uncuffed endotracheal tubes for general anaesthesia in children aged eight years and under. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;11:CD011954.
- [297] Sathyamoorthy M, Lerman J, Asariparampil R, Penman AD, Lakshminrusimba S. Stridor in neonates after using the Microcuff and uncuffed tracheal tubes: a retrospective review. *Anesth Analg* 2015;121:1321.
- [298] Eipe N, Barrowman N, Writer H, Doherty D. A weight-based formula for tracheal tube size in children. *Paediatr Anaesth* 2009;19:343–8.
- [299] Julien-Marsollier F, Michelet D, Bellon M, Horlin AL, Devys JM, Dahmani S. Muscle relaxation for tracheal intubation during paediatric anaesthesia. *Eur J Anesth* 2017;34:1–12.
- [300] Abdelgadir IS, Phillips RS, Singh D, Moncreiff MP, Lumsden JL. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for tracheal intubation in children (excluding neonates). *Cochrane Database Syst Rev* 2017;5:CD011413.
- [301] Park R, Peyton JM, Fiadjoe JE, Hunyady AI, Kimball T, Zurakowski D, et al. The efficacy of GlideScope(R) videolaryngoscopy compared with direct laryngoscopy in children who are difficult to intubate: an analysis from the paediatric difficult intubation registry. *Br J Anaesth* 2017;119:984–92.
- [302] Drake-Brockman TF, Ramgolam A, Zhang G, Hall GL, von Ungern-Sternberg BS. The effect of endotracheal tubes versus laryngeal mask airways on perioperative respiratory adverse events in infants: a randomised controlled trial. *Lancet* 2017;389:701–8.

- [303] Wise-Faberowski L, Nargoizian C. Utility of airway exchange catheters in pediatric patients with a known difficult airway. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:454–6.
- [304] Von Ungern-Sternberg BS, Davies K, Hegarty M, Erb TO, Habre W. The effect of deep vs. awake extubation on respiratory complications in high-risk children undergoing adenotonsillectomy: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 2013;30:529–36.
- [305] Tsui BC, Wagner A, Cave D, Elliott C, El-Hakim H, Malherbe S. The incidence of laryngospasm with a "no touch" extubation technique after tonsillectomy and adenoidectomy. *Anesth Analg* 2004;98:327–9.
- [306] Menda SK, Gregory GA, Feiner JR, Zwass MS, Ferschl MB. The effect of deep and awake tracheal extubation on turnover times and postoperative respiratory complications post adenoid-tonsillectomy. *Can J Anaesth* 2012;59:1158–9.
- [307] Fan Q, Hu C, Ye M, Shen X. Dexmedetomidine for tracheal extubation in deeply anesthetized adult patients after otologic surgery: a comparison with remifentanyl. *BMC Anesthesiol* 2015;15:106.
- [308] Tait AR, Malviya S, Voepel-Lewis T, Munro HM, Seiwert M, Pandit UA. Risk factors for perioperative adverse respiratory events in children with upper respiratory tract infections. *Anesthesiology* 2001;95:299–306.
- [309] Parnis SJ, Barker DS, Van Der Walt JH. Clinical predictors of anaesthetic complications in children with respiratory tract infections. *Paediatr Anaesth* 2001;11:29–40.
- [310] Flick RP, Wilder RT, Pieper SF, Vankoeverden K, Ellison KM, Marienau MES, et al. Risk factors for laryngospasm in children during general anesthesia. *Paediatr Anaesth* 2008;18 (4):289–96.
- [311] Von Ungern-Sternberg BS, Habre W, Erb TO, Heaney M. Salbutamol premedication in children with a recent respiratory tract infection. *Paediatr Anaesth* 2009;19:1064–9.
- [312] Boutonnet M, Faitot V, Keita H. Airway management in obstetrics. *Ann Fr Anesth Reanim* 2011;30:651–64.
- [313] Kinsella SM, Winton AL, Mushambi MC, Ramaswamy K, Swales H, Quinn AC, et al. Failed tracheal intubation during obstetric general anaesthesia: a literature review. *Int J Obstet Anesth* 2015;24:356—74.
- [314] D'Angelo R, Smiley RM, Riley ET, Segal S. Serious complications related to obstetric anesthesia: the serious complication repository project of the Society for Obstetric

- Anesthesia and Perinatology. *Anesthesiology* 2014;120:1505—12.
- [315] Heinrich S, Irouschek A, Prottengeier J, Ackermann A, Schmidt J. Adverse airway events in parturient compared with nonparturient patients. Is there a difference? Results from a quality management project. *J Obstet Gynaecol Res* 2015;41: 1032—9.
- [316] Wittenberg MD, Vaughan DJ, Lucas DN. A novel airway checklist for obstetric general anaesthesia. *Int J Obstet Anesth* 2013;22:264—5.
- [317] Pandit JJ, Andrade J, Bogod DG, Hitchman JM, Jonker WR, Lucas N, et al. The 5th National Audit Project (NAP5) on accidental awareness during general anaesthesia: summary of main findings and risk factors. *Anaesthesia* 2014;69:1089—101.
- [318] Daya MR, Schmicker RH, Zive DM, et al. Out-of-hospital cardiac arrest survival improving over time: results from the Resuscitation Outcomes Consortium (ROC). *Resuscitation*. 2015;91: 108-115.
- [319] Emergency Cardiovascular Care (ECC) Committee, Subcommittees, and Task Forces of the American Heart Association. 2005 American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2005;112(suppl): IV1-IV203.
- [320] McNally B, Robb R, Mehta M, et al. Out-of-hospital cardiac arrest surveillance-Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival (CARES), United States, October 1, 2005-December 31, 2010. *MMWR Surveill Summ*. 2011;60:1-19.
- [321] Bergum D, Nordseth T, Mjølstad OC, et al. Causes of in-hospital cardiac arrest-incidences and rate of recognition. *Resuscitation*. 2015;87:63-68.
- [322] Katz SH, Falk JL. Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system. *Ann Emerg Med*. 2001;37:32-37.
- [323] Kristensen MS, Teoh WH, Graumann O, et al. Ultrasonography for clinical decision-making and intervention in airway management: from the mouth to the lungs and pleurae. *Insights Imaging*. 2014;5:253-279.
- [324] Abo BN, Hostler D, Wang HE. Does the type of out-of-hospital airway interfere with other cardiopulmonary resuscitation tasks? *Resuscitation*. 2007;72:234-239.
- [325] Wiese CH, Bartels U, Bergmann A, et al. Using a laryngeal tube during cardiac arrest reduces “no flow time” in a manikin study: a comparison between laryngeal tube and endotracheal tube. *Wien Klin Wochenschr*. 2008;120:217-223.
- [326] Tentiller E, Heydenreich C, Cros AM, et al. Use of the intubating laryngeal mask airway in emergency pre-hospital difficult intubation. *Resuscitation*. 2008;77:30-34.

- [327] Timmerman A, Russo SG, Rosenblatt WH, et al. Intubating laryngeal mask airway for difficult out-of-hospital airway management: a prospective evaluation. *Br J Anaesth.* 2007;99:286-291.
- [328] Kim YM, Kang HG, Kim JH, et al. Direct versus video laryngoscopic intubation by novice prehospital intubators with and without chest compressions: a pilot manikin study. *Prehosp Emerg Care.* 2011;15:98-103.
- [329] Wong E, Ng YY. The difficult airway in the emergency department. *Int J Emerg Med.* 2008;1:107-111.
- [330] Park SO, Kim JW, Lee KH, et al. Video laryngoscopy improves the first-attempt success in endotracheal intubation during cardiopulmonary resuscitation among novice physicians. *Resuscitation.* 2010;81:69-73.
- [331] Park SO, Baek KJ, Hong DY, et al. Feasibility of the videolaryngoscope (Glidescope®) for endotracheal intubation during uninterrupted chest compressions in actual advanced life support: a clinical observational study in an urban emergency department. *Resuscitation.* 2013;84:1233-1237.
- [332] Tandon N, McCarthy M, Forehand B, Carlson JH. Comparison of intubation modalities in a simulated cardiac arrest with uninterrupted chest compressions. *Emerg Med J.* 2014;31:799-802.
- [333] Noordergraaf GJ, van Dunn PJ, Kramer BP, et al. Airway management by first responders when using a bag-valve device and two oxygen-driven resuscitators in 104 patients. *Eur J Anaesthesiol.* 2004;21:361-366.
- [334] Aufderheide TP, Pirralo RG, Provo TA, Lurie KG. Clinical evaluation of an inspiratory threshold device during standard cardiopulmonary resuscitation in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Crit Care Med.* 2005;33:734-740.
- [335] Link MS, Berkow LC, Kudenchuk PJ, et al. Part 7: Adult advanced cardiovascular life support: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation.* 2015;132(suppl 2):S444-S464.
- [336] Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, et al. Conventional and chestcompression only cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children who have out-of-hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population-based cohort study. *Lancet.* 2010;375:1347- 1354.
- [337] X. Combes, P. Jabre, F. Soupizet. Protection des voies aériennes en médecine

- d'urgence. *Journal Européen des Urgences*. 2010 ; 23 : 44—56.
- [338] Combes X, Jabre P, Jbeili C, Leroux B, Bastuji-Garin S, Margenet A, et al. Prehospital standardization of medical airway management: incidence and risk factors of difficult airway. *Acad Emerg Med* 2006;13:828—34.
- [339] Ricard-Hibon A, Chollet C, Leroy C, Marty J. Succinylcholine improves the time of performance of a tracheal intubation in prehospital critical care medicine. *Eur J Anaesthesiol* 2002;19: 361—7.
- [340] Sakles JC, Laurin EG, Rantapaa AA, Panacek EA. Airway management in the emergency department: a one-year study of 610 tracheal intubations. *Ann Emerg Med* 1998;31:325—32.
- [341] Divatia JV, Khan PU, Myatra SN. Tracheal intubation in the ICU: Life saving or life threatening? *Indian J Anaesth* 2011;55(5):470—5.
- [342] Walz JM, Zayaruzny M, Heard SO. Airway management in critical illness. *Chest* 2007;131(2):608—20.
- [343] Reynolds SF, Heffner J. Airway management of the critically ill patient: rapid-sequence intubation. *Chest* 2005;127(4):1397—412.
- [344] Jabre P, Combes X, Lapostolle F, Dhaouadi M, Ricard-Hibon A, Vivien B, et al. Etomidate versus ketamine for rapid sequence intubation in acutely ill patients: a multicentre randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl* 2009;374(9686):293—300.
- [345] Marsch SC, Steiner L, Bucher E, Pargger H, Schumann M, Aebi T, et al. Succinylcholine versus rocuronium for rapid sequence intubation in intensive care: a prospective, randomized controlled trial. *Crit Care Lond Engl* 2011;15(4):R199.
- [346] Koenig SJ, Lakticova V, Narasimhan M, Doelken P, Mayo PH. Safety of propofol as an induction agent for urgent endotracheal intubation in the Medical Intensive Care Unit. *J Intensive Care Med* 2015;30(8):499—504.
- [347] Reddy JI, Cooke PJ, van Schalkwyk JM, Hannam JA, Fitzharris P, Mitchell SJ. Anaphylaxis is more common with rocuronium and succinylcholine than with atracurium. *Anesthesiology* 2015;122(1):39—45.
- [348] Muñoz-Martínez T, Garrido-Santos I, ArévaloCerón R, Rojas-Viguera L, Cantera-Fernández T, Pérez-González R, et al. [Contraindications to succinylcholine in the intensive care unit. A prevalence study]. *Med Intensiva Soc Esp Med Intensiva Unidades Coronarias* 2015;39 (2):90—6.
- [349] Miguel-Montanes R, Hajage D, Messika J, Bertrand F, Gaudry S, Rafat C, et al. Use of

- high-flow nasal cannula oxygen therapy to prevent desaturation during tracheal intubation of intensive care patients with mild-to-moderate hypoxemia. *Crit Care Med* 2015;43 (3):574–83.
- [350] Vourc'h M, Asfar P, Volteau C, Bachoumas K, Clavieras N, Egreteau P-Y, et al. High-flow nasal cannula oxygen during endotracheal intubation in hypoxemic patients: a randomized controlled clinical trial. *Intensive Care Med* 2015;41(9):1538–48.
- [351] Semler MW, Janz DR, Lentz RJ, Matthews DT, Norman BC, Assad TR, et al. Randomized trial of apneic oxygenation during endotracheal intubation of the critically ill. *Am J Respir Crit Care Med* 2016;193(3):273–80.
- [352] Jaber S, Jung B, Corne P, Sebbane M, Muller L, Chanques G, et al. An intervention to decrease complications related to endotracheal intubation in the intensive care unit: a prospective, multiple-center study. *Intensive Care Med* 2010;36(2):248–55.
- [353] Lesur O, Remillard M-A, St-Pierre C, Falardeau S. Prophylactic positive end-expiratory pressure and postintubation hemodynamics: an interventional, randomized study. *Can Respir J* 2010;17(3):e45–50.
- [354] Mulcaster JT, Mills J, Hung OR, MacQuarrie K, Law JA, Pytka S, et al. Laryngoscopic intubation: learning and performance. *Anesthesiology* 2003;98:23–7.
- [355] Mort TC. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg* 2004;99 (2):607–13 [table of contents].
- [356] Girard TD, Kress JP, Fuchs BD, Thomason JWW, Schweickert WD, Pun BT, et al. Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl* 2008;371 (9607):126–34.
- [357] Girard TD, Ely EW. Protocol-driven ventilator weaning: reviewing the evidence. *Clin Chest Med* 2008;29(2):241–52 [v].
- [358] Wang J, Ma Y, Fang Q. Extubation with or without spontaneous breathing trial. *Crit Care Nurse* 2013;33(6):50–5.
- [359] Ladeira MT, Vital FMR, Andriolo RB, Andriolo BNG, Atallah AN, Peccin MS. Pressure support versus T-tube for weaning from mechanical ventilation in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;5:CD006056.
- [360] Tadié J-M, Behm E, Lecuyer L, Benhamed R, Hans S, Brasnu D, et al. Post-intubation laryngeal injuries and extubation failure: a fiberoptic endoscopic study.

- Intensive Care Med 2010;36(6):991–8.
- [361] Wittekamp BHJ, van Mook WNKA, Tjan DHT, Zwaveling JH, Bergmans DCJJ. Clinical review: post-extubation laryngeal edema and extubation failure in critically ill adult patients. *Crit Care Lond Engl* 2009;13(6):233.
- [362] François B, Bellissant E, Gissot V, Desachy A, Normand S, Boulain T, et al. 12-h pretreatment with methylprednisolone versus placebo for prevention of postextubation laryngeal oedema: a randomised doubleblind trial. *Lancet Lond Engl* 2007;369(9567):1083–9.
- [363] Jaber S, Chanques G, Matecki S, Ramonatxo M, Vergne C, Souche B, et al. Post-extubation stridor in intensive care unit patients. Risk factors evaluation and importance of the cuffleak test. *Intensive Care Med* 2003;29(1):69–74.
- [364] Zhou T, Zhang H-P, Chen W-W, Xiong Z-Y, Fan T, Fu J-J, et al. Cuff-leak test for predicting postextubation airway complications: a systematic review. *J Evid-Based Med* 2011;4(4):242–54.
- [365] Pluijms WA, van Mook WN, Wittekamp BH, Bergmans DC. Postextubation laryngeal edema and stridor resulting in respiratory failure in critically ill adult patients: updated review. *Crit Care Lond Engl* 2015;19:295.
- [366] Thille AW, Richard J-CM, Brochard L. The decision to extubate in the intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187(12):1294–302.
- [367] Girault C, Bubenheim M, Abroug F, Diehl JL, Elatrous S, Beuret P, et al. Noninvasive ventilation and weaning in patients with chronic hypercapnic respiratory failure: a randomized multicenter trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2011;184(6):672–9.
- [368] Thille AW, Boissier F, Ben-Ghezala H, Razazi K, Mekontso-Dessap A, Brun-Buisson C, et al. Easily identified at-risk patients for extubation failure may benefit from noninvasive ventilation: a prospective before-after study. *Crit Care Lond Engl* 2016;20(1):48.
- [369] Stiller K. Physiotherapy in intensive care: an updated systematic review. *Chest* 2013;144(3):825–47.
- [370] Berti JSW, Tonon E, Ronchi CF, Berti HW, Stefano LM, de Gut AL, et al. Manual hyperinflation combined with expiratory rib cage compression for reduction of length of ICU stay in critically ill patients on mechanical ventilation. *J Bras Pneumol* 2012;38(4):477–86.
- [371] MG TM, P. Chest physiotherapy prolongs duration of ventilation in the critically ill

- ventilated for more than 48 hours. - PubMed - NCBI [Internet]. Disponible sur : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17607561> [cité 17 mars 2016].
- [372] Malkoç M, Karadibak D, Yildirim Y. The effect of physiotherapy on ventilatory dependency and the length of stay in an intensive care unit. *Int J Rehabil Res* 2009;32(1):85–8.
- [373] Gonçalves MR, Honrado T, Winck JC, Paiva JA. Effects of mechanical insufflation-exsufflation in preventing respiratory failure after extubation: a randomized controlled trial. *Crit Care Lond Engl* 2012;16(2):R48.
- [374] Elkins M, Dentice R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. *J Physiother* 2015;61(3):125–34.
- [375] Moodie L, Reeve J, Elkins M. Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation: a systematic review. *J Physiother* 2011;57(4):213–21.
- [376] Martin AD, Smith BK, Davenport PD, Harman E, Gonzalez-Rothi RJ, Baz M, et al. Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean patients: a randomized trial. *Crit Care Lond Engl* 2011;15(2):R84.
- [377] Caruso P, Denari SDC, Ruiz SAL, Bernal KG, Manfrin GM, Friedrich C, et al. Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients. *Clin São Paulo Braz* 2005;60(6):479–84.
- [378] Adler J, Malone D. Early mobilization in the intensive care unit: a systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J* 2012;23(1):5–13.
- [379] Morris BA, Benetti M, Marro H, Rosenthal CK. Clinical practice guidelines for early mobilization hours after surgery. *Orthop Nurs* 2010;29(5):290–316.
- [380] Winkelman C, Johnson KD, Hejal R, Gordon NH, Rowbottom J, Daly J, et al. Examining the positive effects of exercise in intubated adults in ICU: a prospective repeated measures clinical study. *Intensive Crit Care Nurs* 2012;28(6):307–18.
- [381] Cook TM, Woodall N, Harper J, Benger J; Fourth National Audit Project. Major complications of airway management in the UK: Results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 2: Intensive care and emergency departments. *Br J Anaesth.* 2011;106:632–42 [PubMed] [Google Scholar]
- [382] Ghebreyesus TA: WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on

- COVID-19. Available at: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. Accessed November 8, 2020
- [383] Cook TM, El-Boghdadly K, McGuire B, McNarry AF, Patel A, Higgs A: Consensus guidelines for managing the airway in patients with COVID-19: Guidelines from the Difficult Airway Society, the Association of Anaesthetists the Intensive Care Society, the Faculty of Intensive Care Medicine and the Royal College of Anaesthetists. *Anaesthesia*. 2020;75:785–99 [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [384] Patwa A, Shah A, Garg R, Divatia JV, Kundra P, Doctor JR, Shetty SR, Ahmed SM, Das S, Myatra SN: All India difficult airway association (AIDAA) consensus guidelines for airway management in the operating room during the COVID-19 pandemic. *Indian J Anaesth*. 2020;64:107–15 [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [385] Sullivan EH, Gibson LE, Berra L, Chang MG, Bittner EA: In-hospital airway management of COVID-19 patients. *Crit Care*. 2020;24:292. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [386] Casey JD, Janz DR, Russell DW, Vonderhaar DJ, Joffe AM, Dischert KM, Brown RM, Zouk AN, Gulati S, Heideman BE, Lester MG, Toporek AH, Bentov I, Self WH, Rice TW, Semler MW; PreVent Investigators and the Pragmatic Critical Care Research Group. Bag-mask ventilation during tracheal intubation of critically ill adults. *N Engl J Med*. 2019;380:811–21 [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [387] Bowdle A, Jelacic S, Shishido S, Munoz-Price LS. Infection prevention precautions for routine anesthesia care during the SARS-CoV-2 pandemic. *Anesth Analg*. 2020 Nov;131(5):1342-1354.
- [388] Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. Recommandations de Pratiques Professionnelles : PRECONISATIONS POUR L'ADAPTATION DE L'OFFRE DE SOINS EN ANESTHESIE-REANIMATION DANS LE CONTEXTE DE PANDEMIE DE COVID-19 Version 3.0 (JUN 2021), En collaboration avec les sociétés : ADARPEF, ANARLF, CARO, SF2H, SFC, SFR, SPILF.
- [389] Annibal Faddoul, Christophe de la Jonquière. L'anesthésie au temps du COVID. *Le Praticien en anesthésie réanimation*. 2020 ; 24 : 181-185.