



**HAL**  
open science

# Évaluation sur mannequins électroniques de l'efficacité d'un protocole d'audioguidage continu sur la qualité des compressions thoraciques au cours d'un arrêt cardiaque

Fabien Lion

► **To cite this version:**

Fabien Lion. Évaluation sur mannequins électroniques de l'efficacité d'un protocole d'audioguidage continu sur la qualité des compressions thoraciques au cours d'un arrêt cardiaque. Médecine humaine et pathologie. 2012. dumas-00759914

**HAL Id: dumas-00759914**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00759914>**

Submitted on 3 Dec 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**THESE POUR LE DOCTORAT EN  
MEDECINE**

(Diplôme d'état)

Par

**Lion Fabien**

Né le 07/06/1983 à Boulogne sur Mer

Présentée et soutenue publiquement le 12 octobre 2012

**Evaluation sur mannequins  
électroniques de l'efficacité d'un  
protocole d'audioguidage continu sur  
la qualité des compressions  
thoraciques au cours d'un arrêt  
cardiaque**

PRESIDENT DE JURY : Monsieur le Professeur Bertrand DUREUIL

DIRECTEUR DE THESE : Monsieur le Docteur Cédric DAMM

MEMBRES DU JURY : Monsieur le Professeur Pierre CARLI  
Monsieur le Professeur Benoît VEBER

Par délibération en date du 3 mars 1967, la faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur aucune approbation ni improbation.

## **REMERCIEMENTS**

**A Monsieur le Professeur Bertrand DUREUIL,**

Vous me faites l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement tant théorique que pratique et l'attention bienveillante accordée à vos internes dès leurs débuts.

Merci pour vos conseils, votre patience et votre disponibilité.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

**A mes Juges,**

**A Monsieur le professeur Benoit VEBER,**

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse.

Merci pour la confiance et la bienveillance que vous m'avez accordée, qui m'ont permis de faire la synthèse nécessaire à la synchronisation de mes deux ailes de « petit papillon ».

Recevez ici, tous mes remerciements et l'expression de mon profond respect.

**A Monsieur le Professeur Pierre CARLI,**

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse.

Je vous remercie de nous faire profiter de votre expertise dans ce domaine passionnant qu'est l'arrêt cardiaque.

Veillez recevoir le témoignage de ma gratitude et de ma considération.

**A Monsieur le Docteur Cédric DAMM,**

Merci d'avoir accepté de diriger ce travail passionnant.

Merci pour ta constance légendaire et ta bonne humeur de tous les instants, ton esprit innovateur et synthétique sont un exemple pour moi et m'ont permis de sans cesse progresser autant sur le plan professionnel que dans ce projet qui, je l'espère, ne fait que commencer...

Merci pour...ton numéro de téléphone.

A toi, le U d'or des médecins directeurs de thèse !

Avec mes plus sincères et respectueux remerciements.

**A Léa,**

Milles mercis d'avoir décroché,  
Un appel, certes inattendu  
Durant cet après-midi d'été...  
Déjà tant de doux moments vécus,  
Me confortent souvent dans l'idée  
Que cette belle fin de journée fut,  
L'occasion de n'avoir plus de regrets.

**A mes parents,**

L'aboutissement de ces études vous est dédié, vous y êtes pour beaucoup...  
Merci de m'avoir soutenu et encouragé durant toutes ces années, d'avoir éveillé ma curiosité  
et d'avoir respecté mes choix. Votre amour est une force sur laquelle je sais pouvoir me  
reposer à tout instant.  
Merci d'être des parents si bienveillants comme on est fier d'en avoir !

**A Antoine,**

Un grand merci de ton frangin souvent dans la lune, pour toutes ces fois où avec patience et  
bonne humeur tu t'es arrangé à la dernière minute...change rien !  
Je suis heureux de te voir progresser dans ta voie, puisses-tu y trouver tout le bonheur que tu  
mérites !

**A ma famille,** Merci à vous tous !

Petite pensée particulière à ceux qui sont venus : Pascale & Didier (promis, je passerai un de  
ces jours !), Annie (pour tes encouragements constants), Nelly (qui a toujours une petite  
pensée pour nous), Armelle & Marc, Annie & Jean Jacques (merci de m'avoir si gentiment  
accueilli dans la famille)

**A Michel et Marcelle,**

Vous me manquez. Je sais que vous seriez fiers.

**A mes Ch'tis préférés** (merci d'être venus)

**A toute l'équipe de simulation,**

A Lauranne pour ton enthousiasme et tes bons conseils ; à Christophe A. sans qui je ne présenterais peut être pas cette thèse ; à Cédric, merci d'avoir été si présent tout au long du projet (conception, organisation, simulation, formation, etc...) ; Emmanuelle H., Christelle, Florent, Fanchon, Antoine, Hugo, Julie, Olivier, Benjamine, Sarah et à la Dynamic Team du CESU 76

A la fine équipe : Arnaud, Clément, Guillaume, Lauranne, Cédric (encore...)

Merci d'avoir répondu sans faillir à mes appels, ce projet est aussi le vôtre...

Et un, et deux, et trois, et....

**A Manu**, pour cette bonne idée de tester ton protocole ! On te l'a un peu amélioré quand même !!!

**A tous les copains d'Anest et d'ailleurs** qui m'ont tous rendu service un jour ou l'autre (promis, je ne prendrai plus 2 gardes en même temps le jour d'un concert immanquable) : Guillaume, Marchmallow, Gioia, Eric, Alice, Juju, Seb, Antoine, Alex, Sinad, Eugénie, Gilles, Vincent, Paul, Edouard, JB, Mikhael, Marion, Greg, 139 (l'unique)...

**A Vincent Compère**, pour la qualité de ton enseignement et tes GEP, nous permettant de toujours mieux appréhender les « enjeux » de chaque anesthésie.

**A toute l'équipe d'anesthésie d'Evreux du semestre d'été 2008** qui m'a accompagné avec bienveillance et professionnalisme pour mes débuts en anesthésie. Je vous dois beaucoup...

**Aux MAR du CHU et ceux du Belvédère**, pour leur encadrement et leur disponibilité.

**Aux IADES, Infirmières, aides-soignantes et ASH** qui nous accompagnent avec bienveillance tout au long de notre formation.

**Aux Médecins de Réanimation** du Havre et de Rouen, pour leur présence et le rôle important qu'ils ont joué dans mon internat.

**A Dominique Jusserand, Olivier Delastre, Bernard Bouffandeau et Jean Louis Chauvet et l'ensemble de l'équipe de la Réanimation polyvalente d'Elbeuf** dont les compétences et l'enthousiasme m'ont fait passer un semestre inoubliable : Petit Scarabée a attrapé sa pierre... Il part vers d'autres horizons, mais ne vous oubliera pas...

**A toute l'équipe médicale, infirmière et ambulancière du SAMU** avec qui j'ai partagé tant de bons moments. Merci pour votre accueil, votre encadrement et votre confiance qui m'ont permis d'aimer le SMUR et de prendre en charge au mieux nos patients.

**A Karine, Marie Laure Martine et Patricia** pour votre disponibilité et votre bonne humeur, toujours prêtes à dépanner !!



<b>REMERCIEMENTS</b> .....	3
<b>1.1. Epidémiologie de l'arrêt cardiaque</b> .....	12
<b>1.2. Etiologies de l'arrêt cardiaque</b> .....	14
<b>1.2.1. Causes cardiaques</b> .....	14
<b>1.2.2. Causes non cardiaques</b> .....	14
<b>1.3. Concept de la chaine de survie</b> .....	15
<b>1.3.1. Le témoin : premier maillon de la chaine de survie</b> .....	15
<b>1.3.2. Rôle du témoin : initier la chaine de survie</b> .....	16
<b>1.3.4. Initier une RCP précoce grâce l'interaction entre le médecin régulateur et le témoin ..</b>	19
<b>1.3.5. Favoriser la défibrillation précoce</b> .....	21
<b>1.3.6. La réanimation spécialisée</b> .....	23
<b>2. Un geste incontournable : le massage cardiaque externe</b> .....	26
<b>2.1.1. Physiologie de la circulation sanguine pendant l'ACR</b> .....	26
<b>2.1.2. Réalisation du MCE</b> .....	29
<b>2.1.3. "Hand's only CPR" versus "conventional CPR"</b> .....	30
<b>2.2. Protocole d'audioguidage téléphonique du SAMU 76</b> .....	34
<b>3. Objectif de ce travail de recherche</b> .....	36
<b>4. Première étude :</b> .....	37
<b>Évaluation d'un audioguidage continu par rapport à un audioguidage par consigne unique</b> .....	37
<b>4.1. Objectif principal</b> .....	38
<b>4.2. Objectifs secondaires</b> .....	38
<b>4.3. Matériel et méthodes</b> .....	38
<b>4.3.1. Méthodologie</b> .....	38
<b>4.3.2. Paramètre principal</b> .....	39
<b>4.3.3. Paramètres secondaires</b> .....	39
<b>4.3.4. Recueil des données</b> .....	39
<b>4.3.5. Protocole de la première étude</b> .....	40
<b>4.3.6. Critères d'inclusion</b> .....	41
<b>4.3.7. Critères d'exclusion</b> .....	41
<b>4.3.8. Consentement</b> .....	41
<b>4.3.9. Statistiques</b> .....	41
<b>4.4. Résultats de la première étude : audioguidage continu versus consigne unique</b> .....	43
<b>4.4.1. Paramètre principal : taux de succès de MCE continu</b> .....	44
<b>4.4.2. Paramètres secondaires</b> .....	44

<b>5. Seconde étude :</b> .....	47
<b>Évaluation d'un audioguidage continu par rapport à un audioguidage selon un protocole simplifié d'initiation au MCE</b> .....	47
<b>5.1. Objectif principal</b> .....	48
<b>5.2. Objectifs secondaires</b> .....	48
<b>5.3. Matériel et méthodes</b> .....	48
<b>5.3.1. Méthodologie</b> .....	48
<b>5.3.2. Paramètre principal</b> .....	49
<b>5.3.3. Paramètres secondaires</b> .....	49
<b>5.3.4. Recueil des données</b> .....	49
<b>5.3.5. Déroulement de la simulation</b> .....	50
<b>5.3.6. Critères d'inclusion</b> .....	51
<b>5.3.7. Critères d'exclusion</b> .....	51
<b>5.3.8. Consentement</b> .....	52
<b>5.3.9. Statistiques</b> .....	52
<b>5.4. Résultats de la seconde étude</b> .....	53
<b>5.4.1. Paramètre principal : taux de succès de MCE continu</b> .....	54
<b>5.4.2. Paramètres secondaires</b> .....	54
<b>6. Discussion</b> .....	57
<b>6.1. Intérêt du protocole de régulation</b> .....	57
<b>6.2. Taux de RCP</b> .....	58
<b>6.3. Facteur pouvant améliorer la qualité du MCE</b> .....	59
<b>6.4. Facteurs pouvant limiter la qualité des compressions thoraciques</b> .....	61
<b>6.5. Anxiété</b> .....	63
<b>6.6. Limites</b> .....	63
<b>6.7. Perspectives de recherche</b> .....	64
<b>7. Conclusion</b> .....	66
<b>9. Documents annexes</b> .....	67
<b>Bibliographie</b> .....	70

# 1. Introduction

La reconnaissance et la prise en charge immédiate des arrêts cardiaques (AC) est un enjeu de santé publique. L'arrêt cardiaque (AC) inopiné est défini par la survenue d'une mort subite chez un individu dont l'état antérieur ne présageait pas d'une telle évolution. Il survient dans plus de 85% des cas en dehors de l'hôpital (1) et représente entre 40 000 et 50 000 décès par an (2). En France, le taux de survie à l'arrivée à l'hôpital était estimé en 2002 à 4% (3). Le taux de survie à l'arrivée à l'hôpital est de 13% en 2010 en France, pour l'ensemble des morts subites (MS). Le taux de survie à 1 an est estimé à 10,4% en cas de défibrillation précoce (4).

La survie préhospitalière des AC est intimement liée à la rapidité et la qualité avec lesquelles les premiers gestes dont le MCE sont réalisés. Ainsi, le taux de survie pourrait être augmenté de 2 à 3 (5-7). De même, les récentes données sur l'amélioration de la qualité de vie, pour les survivants d'un AC ayant bénéficié d'une réanimation précoce (8), furent un argument fort au développement de programmes de formation et information pouvant inciter les témoins à d'une part, débiter le plus précocement le massage cardiaque, et d'autre part utiliser les défibrillateurs automatiques accessibles au public. Malheureusement, les premiers soins sont encore rarement entrepris, même par les proches (9,10). Actuellement, le taux de réanimation précoce entrepris par les témoins varie selon les études de 16 à 30% (8,11,12).

Afin d'augmenter le taux de massage cardiaque débuté par les premiers témoins, les recommandations ERC 2010 (13) insistent sur le rôle fondamental du régulateur médical qui doit inciter les témoins à réaliser un massage cardiaque continu le plus précocement possible, dès le diagnostic d'arrêt cardiaque posé. Son message doit être simple et intelligible, la difficulté étant de conserver l'attention des témoins soumis à une telle situation de stress.

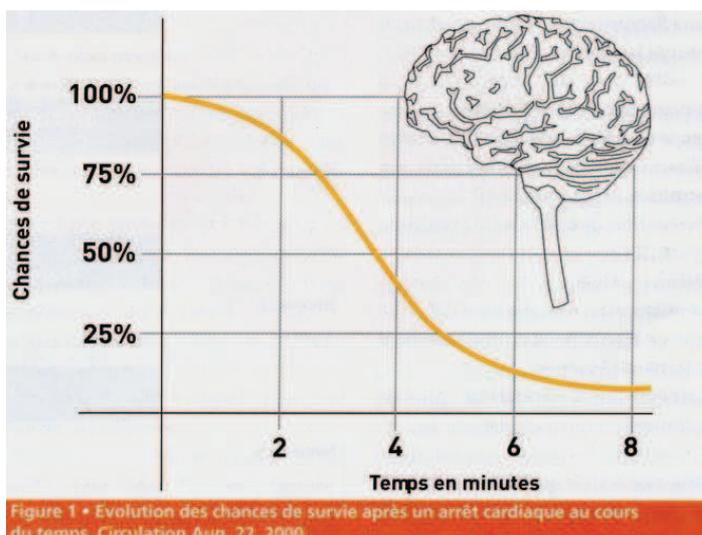
En ce sens, les recommandations encouragent les centres d'appel d'urgence à disposer d'un algorithme de reconnaissance puis de prise en charge des victimes d'un AC. Certaines études récentes tendent à montrer une augmentation de la survie pré hospitalière lorsque le régulateur utilise un protocole d'audioguidage (5,14). D'autres auteurs ont montré, sur mannequin, que ces audioguidages peuvent améliorer l'ensemble de la Réanimation CardioPulmonaire (RCP), que les témoins soient préalablement formés, ou non (12).

Récemment, des auteurs francophones ont aussi validé de tels protocoles encourageant l'audioguidage (15). Ainsi, ayant récemment développé au sein de notre centre de régulation un protocole téléphonique de reconnaissance des AC et d'assistance au massage cardiaque, nous avons cherché à évaluer la qualité des compressions thoraciques effectuées par un témoin non secouriste guidé par un médecin régulateur.

## 1.1. Epidémiologie de l'arrêt cardiaque

L'arrêt cardiaque inopiné représente environ 700 000 cas par an en Europe dont 38 cas extrahospitaliers/100 000 habitants dans la méta-analyse de l'équipe d'Atwood & al. (16). Sur le plan étiologique, 60 à 80 % des AC sont d'origine cardiaque. En Amérique du nord, on peut estimer à 52/ 100 000 le nombre d'AC (17). Ces études n'évaluent que la part des AC diagnostiqués et traités, il est probable que cela sous-estime l'incidence réelle des AC extrahospitaliers. Selon les Recommandations Formalisées d'Experts de la SFAR en 2007, l'âge moyen de survenue est de 67 ans. L'AC survient dans 2 cas sur 3 chez l'homme et dans 80% des cas au domicile. On estime à 14 % le taux de survie immédiate et à 4 % la survie à 1 an avec issue neurologique favorable.

Il existe peu de données épidémiologiques récentes sur les AC en France. C'est pour cette raison qu'un registre électronique des AC en France (RéAC) dont l'objectif est de permettre un recueil exhaustif des données nationales, a été déployé au sein des Services d'Aide Médicale Urgente (SAMU) depuis 2011. Ce registre, se basant sur une analyse déclarative des AC en France, met à disposition un certain nombre d'informations sur les AC extra hospitaliers en France. Les statistiques portant sur la période de juillet 2007 à novembre 2012 ont recensé 5853 AC. 13% étaient de cause traumatique et 87 % de cause médicale. Ce registre s'est aussi intéressé au devenir des patients. Une reprise de l'activité circulatoire a été obtenue dans 17% des AC, auquel cas, 93% étaient alors admis vivants à l'hôpital. A J+30, seuls 24% étaient vivants.



**Figure 1** : en l'absence de réanimation cardiopulmonaire efficace, le pronostic de survie diminue de 10 % toutes les 10 minutes.

Sur le plan pronostic, l'AC est grevé d'une mortalité extrêmement élevée puisque le taux de survie est estimé autour de 8 %. Par contre, la survie en cas d'AC sur Fibrillation Ventriculaire (FV) est plus importante allant jusqu'à 22% dans certaines études (16–18). De nombreux auteurs ont étudié les facteurs influant sur la survie des victimes d'AC. Leurs résultats ont fait l'objet d'une méta-analyse récente par Sasson & al. en 2010. Au terme de leur analyse, ils concluent à 5 facteurs favorisant la survie des patients : *survenue de l'AC devant témoin* (OR = 1.5), *Fibrillation Ventriculaire* (OR= 7) *RCP immédiate par les témoins de l'AC* (OR = 3), *AC en présence de l'équipe de premier secours* (OR = 3) et *retour d'une circulation spontanée avant l'arrivée à l'hôpital* (OR = 50). L'étude de Stiell & al. y ajoute la *défibrillation précoce* (OR = 3.7).

Ainsi, un rythme initial accessible à la défibrillation est de meilleur pronostic, surtout lorsque celle-ci est disponible et réalisée rapidement. L'incidence des AC en FV était estimée par l'équipe de Väyrynen et al. à 60% des AC ayant une cause cardiaque en 1995 (19). Cette incidence a chuté progressivement pour stagner autour de 45.7 % en 2002-2004, tout comme la proportion d'AC de causes cardiaques estimée par la même équipe à 45.2% à la même période. Plusieurs hypothèses sont à évoquer à propos de la diminution de l'incidence de la FV. Tout d'abord, une meilleure prévention primaire et secondaire des maladies cardiovasculaires et coronariennes (telle que les bêta bloquants (20), les stents coronariens et les défibrillateurs implantables) a permis une diminution des FV d'origine ischémique (21) alors que la proportion des FV d'origine non ischémique n'a pas changé (22).

Pourtant, la mortalité liée aux AC, elle aussi, a diminué sur ces 10 dernières années, malgré un nombre moins important de rythmes accessibles à la défibrillation. Ceci est le reflet en 10 ans (23), d'une meilleure organisation des filières de soins et d'une urbanisation facilitant une intervention plus précoce des secours spécialisés (24), d'une augmentation du taux de RCP entreprises par les témoins, d'une défibrillation plus précoce. Cependant, la marge de progression pourrait être encore plus importante, notamment en perfectionnant la RCP précoce comme nous le verrons dans ce travail. En effet, la survie préhospitalière des AC est intimement liée à la rapidité et la qualité avec lesquelles les premiers gestes dont le MCE sont réalisés et pourrait être augmentée de 2 à 3 (5–7) lorsque ceux-ci sont bien maîtrisés par les témoins et débutés promptement.

## **1.2. Etiologies de l'arrêt cardiaque**

Les étiologies des AC inopinés peuvent se classer en deux catégories selon que la cause est d'origine cardiaque ou non cardiaque.

### **1.2.1. Causes cardiaques**

Parmi les étiologies cardiaques (80% des étiologies), la maladie coronaire est la cause la plus fréquente : le trouble du rythme ventriculaire (Fibrillation Ventriculaire) qui survient sur un épisode d'occlusion aiguë d'une des artères coronaires est parfois le mode d'entrée brutal dans la maladie. L'AC inopiné par trouble du rythme ventriculaire, qui complique dans 50% des cas une cardiopathie ischémique évoluée, est l'une des cibles des traitements anti-arythmiques préventifs.

Viennent ensuite les étiologies en rapport avec les cardiomyopathies (hypertrophiques, dilatée, congénitales, cardiopathie arythmogène du ventricule droit) et celles liées à des anomalies électro-physiologiques (Wolf Parkinson White, Brugada, QT long congénital)

Sur le plan électro-physiologique, un trouble de conduction de haut grade peut évoluer jusqu'à l'asystolie. Il est à noter que l'ensemble des troubles du rythme et de la conduction aboutissent au bout de quelques minutes d'anoxie à une asystolie. C'est en partie pour cette raison que l'asystolie est de plus mauvais pronostic que la fibrillation ventriculaire lorsque qu'elle est le premier rythme obtenu par les secours dans les suites d'un AC.

Les causes secondaires d'atteinte cardiaque sont l'hypoxie, l'hypovolémie, les états de chocs, les intoxications et les troubles hydro-électrolytiques.

### **1.2.2. Causes non cardiaques**

Les causes respiratoires peuvent être secondaires à des corps étrangers, à un traumatisme maxillofacial, un œdème ou abcès pharyngien, un laryngospasme, un bronchospasme ou un coma. Enfin, les atteintes ventilatoires sont dues à des lésions de la commande, de la mécanique ou de l'échangeur pulmonaire.

## 1.3. Concept de la chaîne de survie



Le pronostic des patients victimes d'un AC inopiné dépend étroitement de la rapidité et de la qualité des actions diagnostiques et thérapeutiques successivement mises en œuvre lors de la prise en charge d'un AC. L'ensemble de ces actions constitue la « chaîne de survie », concept décrit par Cummins et al. dès 1981. Chacun des maillons est interdépendant du suivant. En situation préhospitalière, leur cohésion est en grande partie assurée par le médecin régulateur qui devra, à chaque étape, tenter de favoriser la mise en place de l'ensemble des moyens humain et matériels disponibles.

### 1.3.1. Le témoin : premier maillon de la chaîne de survie

L'état des connaissances et de la formation en France a été évalué trois années consécutives au cours de l'étude FFC - TNS Healthcare : « Les Français et l'arrêt cardiaque ». Cette étude révèle des connaissances très approximatives des français en termes de gestes de premier secours et un besoin d'information important.

En 2007, la connaissance des gestes de survie élémentaires est faible puisque seuls 23 % des français connaissent les deux gestes vitaux réunis à savoir : « appel des secours » et « débiter le massage cardiaque ». L'« appel des secours » est cité dans 88% des cas en 2007, dans 97% des cas en 2010 mais, seuls 30 % des sujets mentionnent le MCE en 2007, contre 50 % en 2010. Malheureusement, seuls 50 % des sujets interrogés pratiqueraient un MCE s'ils étaient témoin d'un AC. Enfin, la proportion de personnes sachant que la défibrillation fait partie des premiers gestes à accomplir au même titre que l'appel des secours ou le MCE était seulement de 1 % en 2007 contre 23% en 2010. Pourtant, 29% sont capables de donner une définition précise du défibrillateur (« appareil muni d'électrodes, qui sert à envoyer une décharge pour faire repartir le cœur »).

Concernant leur formation aux gestes de premier secours, en 2007, 64 % des personnes interrogées déclarent n'avoir reçu aucune formation. En 2010, 45% des personnes déclarent avoir reçu une formation aux gestes de survie. Ce taux est en légère progression par rapport à 2007. Plus précisément, on note que 27% des personnes interrogées déclarent avoir été

réellement formées, cette formation ayant débouché sur un brevet ou un diplôme. 23% ont suivi une initiation de moins de 3 heures (5% des sujets ont suivi une initiation et une véritable formation). Dans le détail, on note que les hommes sont plus nombreux que les femmes à déclarer avoir suivi une véritable formation (32% versus 22%), ou une initiation (25% versus 20%). Il existe par ailleurs de fortes différences générationnelles dans l'apprentissage des gestes de secourisme : plus on progresse en âge, plus la proportion de personnes n'ayant jamais reçu de formation est importante (de 34% parmi les 15-24 ans à 76% parmi les 65 ans et plus).

Nous pouvons aussi remarquer que même si les taux des sujets ayant véritablement été formés évoluent selon l'âge (de 31% à 10%), c'est surtout parmi les sujets ayant bénéficié d'une initiation que les écarts étaient les plus importants. 44% des 15-24 ans ont reçu une information, contre 15% chez les sujets ayant des 65 ans et plus.

Une enquête de la Croix-Rouge française (IFOP 2010) a étudié le pourcentage de population formée aux 1ers secours en Allemagne, Italie, France et aux Pays-Bas. La France était en 3ème position avec moins d'une personne sur deux formée (45%), l'Allemagne occupait le 1er rang avec les 3/4 de la population allemande (74%) ayant reçu une formation.

Enfin le registre RéAC, se basant sur une analyse déclarative des AC en France, met en évidence que 73% survenaient au domicile et 56 % devant un témoin. Lorsqu'un témoin était présent, 57% débutaient une RCP. Cependant, un défibrillateur n'était disponible que dans 4 % des cas. Il était alors utilisé dans 79 % des cas.

### **1.3.2. Rôle du témoin : initier la chaîne de survie**

Le premier maillon de cette chaîne est la reconnaissance des signes précurseurs d'un AC conduisant à l'alerte des secours. En effet, la plupart de victimes de mort subite d'origine cardiaque présentent des antécédents de cardiopathie et la présence de prodromes dans l'heure précédant l'AC(25). Avec près de la moitié des AC survenant devant témoins, ceux-ci sont l'élément indispensable à l'initiation de la chaîne de survie. Malgré tout, moins d'un tiers des AC devant témoins bénéficieront d'une RCP. La réticence des témoins à initier une RCP peut être augmentée par la panique, la peur de nuire en pratiquant une RCP incorrecte, et par l'aspect des victimes. De nombreuses stratégies éducatives, technologiques et incitatives ont été développées afin de favoriser leur implication dans la chaîne de survie. Récemment, afin de pallier au manque de formation des témoins et à leur crainte fréquente de se lancer dans un

diagnostic ou une action, l'audioguidage par le régulateur médical s'est imposé progressivement.

L'Aide Médicale Urgente, désignée aussi par l'acronyme AMU, est le dispositif mis en place par un état pour apporter une aide médicale aux personnes victimes d'un accident ou d'une affection brutale et inattendue. Elle comporte en général un système d'alerte, par lequel la victime ou les témoins peuvent demander cette aide médicale urgente, et des services mobiles d'intervention. En France, l'Aide Médicale Urgente dépend du Ministère de la Santé, et c'est un des Systèmes Intégrés des Urgences (SIUM) le plus avancés car il mutualise et régule toutes les ressources de Soins Urgents. Le SAMU est le service chargé de réguler ce système depuis la réception de la demande d'AMU à travers un numéro national spécifique (n°15) exclusivement médical, ou par l'intermédiaire des autres numéros d'appels généraux aux secours (n°112, n°18, n°17). Le médecin régulateur du SAMU établit quel est le Besoin d'AMU et déclenche la réponse la plus adaptée. Il dispose entre autres, de la SMUR (Structure Mobile d'Urgence et de Réanimation), service hospitalier mobile doté d'une ou plusieurs équipes médicales intervenant sur les lieux de l'accident, ou assurant les transports de patients instables. Les autres moyens dont dispose le médecin régulateur pour toute demande d'AMU sont : les ambulances privées, les véhicules de secours et d'assistance aux victimes (VSAV) des Sapeurs-Pompiers avec un équipage de trois secouristes, les véhicules infirmiers des Sapeurs-Pompiers, les médecins de garde ou association de médecins urgentistes libéraux.

Au sein du SAMU, le médecin régulateur est assisté par des personnels Auxiliaires de Régulation Médicale (ARM). Les ARM réceptionnent les appels, recueillent les informations indispensables (identité, adresse, nature de l'AMU demandée) puis déterminent le degré d'urgence avant de le transférer vers le médecin régulateur.

### **1.3.3. Rôle du médecin régulateur : reconnaître l'AC, organiser la chaîne de survie**

Deux éléments sont nécessaires et suffisants pour poser le diagnostic d'AC : l'absence de conscience et l'absence de respiration spontanée. De par sa difficulté et son risque élevé de faux positif, la recherche du pouls n'est plus recommandée (26). Le régulateur doit vérifier par l'intermédiaire du témoin si la victime est aréactive. L'absence de réponse à un ordre simple ou à une stimulation peut facilement être obtenue. La recherche de l'absence de respiration est plus difficile, notamment en raison du risque de confusion occasionnée par les ronflements, les mouvements de mâchoire ou les mouvements thoraciques générés lors des « gasps ». (27). De récentes études montrent que le risque de faux positif est important même pour des personnes formées aux premiers secours (28,29). Cet écueil doit être connu des médecins régulateurs en raison d'une incidence élevée (40%) de victimes présentant ce type de respiration agonique au cours d'un AC (30). Lorsqu'ils sont présents, les « gasps » sont un obstacle majeur à la prise en charge conduisant à une faible proportion de RCP audioguidée comme le montre l'étude de bande audio de Bang & al. Dans cette étude, 38 victimes sur 100 sont présentées comme inconscientes et ne respirant pas normalement, 14 se voient proposer une RCP audioguidée, 11 sont tentées et 8 seulement sont en cours à l'arrivée des secours (27). D'autres auteurs ont montré que la confusion avec une ventilation spontanée peut conduire le régulateur à ne donner les conseils de RCP adaptés par téléphone que dans 23% des cas de respiration anormale (31) augmentant ainsi la mortalité. Face à ce constat, les recommandations 2005 puis 2010 recommandent donc de débiter la RCP en l'absence de respiration normale chez une personne inconsciente. En cas de doute diagnostique, sur l'AC l'audioguidage pourra être débuté sans risque majeur. En effet, l'étude prospective américaine de Lindsay et Al.(32) a évalué le devenir de patient régulés comme en ACR et pour lesquels un audioguidage téléphonique était réalisé afin que les témoins débutent le MCE. Parmi les 1700 patients inclus : 55 % (938 sur 1700) étaient en AC et 18 % (n=313) n'étaient pas en AC mais furent massés. Tout particulièrement chez ces sujets massés alors qu'ils n'étaient pas en AC, les auteurs retrouvaient au décours de l'admission à l'hôpital seulement 9% d'inconfort, 3% étaient possiblement inconfortables. Seulement 2% de lésions pouvaient être attribuables au MCE et comprenaient principalement des fractures de côtes sans aucune lésion viscérale ni aucune mort directement imputable au MCE. La faible incidence de complications est un argument supplémentaire pour débiter d'autant plus facilement l'audioguidage en cas de doute du régulateur sur un AC avéré.

**Table 2. Outcomes of Patients Not in Cardiac Arrest Who Received Dispatcher-Assisted Bystander Chest Compressions, Overall and According to Randomization Assignment**

	Overall (n=247)	Compressions Alone (n=152)	Compressions Plus Ventilations (n=95)	P
Hospital admission status, n (%)				0.31
Admitted	157 (63.6)	97 (63.8)	60 (63.2)	
Treated in emergency department and released	83 (33.6)	50 (32.9)	33 (34.7)	
Died in emergency department	3 (1.2)	1 (0.7)	2 (2.1)	
Left emergency department against medical advice	4 (1.6)	4 (2.6)	0 (0.0)	
Discharge disposition (n=157), n (%)				0.89
Discharged alive	125 (79.6)	76 (78.3)	49 (81.7)	
Died in hospital	17 (10.8)	12 (12.4)	5 (8.3)	
Transferred, disposition unknown	15 (9.6)	9 (9.3)	6 (10.0)	
Chest imaging performed, n (%)				0.71
Yes	166 (67.2)	101 (66.4)	65 (68.4)	
No	81 (32.8)	51 (33.6)	30 (31.6)	
Any CPR pain or injury, n (%)				0.92
Yes	22 (8.9)	14 (9.2)	8 (8.4)	
Possible	9 (3.6)	6 (3.9)	3 (3.2)	
No	216 (87.4)	132 (86.8)	84 (88.4)	
Injury type, n (%)				
Pain				0.71
Yes	22 (8.9)	14 (9.2)	8 (8.4)	
Possible	7 (2.8)	4 (2.6)	3 (3.2)	
Rib fractures				0.46
Yes	2 (0.8)	2 (1.3)	0 (0.0)	
Possible	2 (0.8)	2 (1.3)	0 (0.0)	
Internal bleeding				0.71
Yes	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
Possible	1 (0.4)	1 (0.7)	0 (0.0)	
Other injuries				0.71
Yes	1 (0.4)	1 (0.7)	0 (0.0)	
Possible	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	

A l'inverse, lorsque les « gasps » peuvent être identifiés, ils sont le reflet d'un arrêt extrêmement récent. Ils sont alors un facteur pronostic favorable de survie à la condition qu'un MCE efficace soit débuté immédiatement et qu'une défibrillation soit rapidement mise en place (27).

### 1.3.4. Initier une RCP précoce grâce l'interaction entre le médecin régulateur et le témoin

Après la reconnaissance de l'arrêt cardiaque, l'élément central de cette chaîne de survie est la réanimation cardio-pulmonaire. Entreprise de manière précoce, elle peut doubler la survie d'un AC sur fibrillation ventriculaire (9,33–35). Au sein de cette RCP de base le massage cardiaque reste le geste indispensable à promouvoir surtout auprès du grand public. Celui-ci doit être initié rapidement, poursuivi de manière la plus continue possible et surtout avec la fréquence et la force suffisantes pour assurer un débit sanguin permettant d'oxygéner le cerveau et le myocarde. Dans l'attente de disponibilité du DAE, il est démontré que

l'association d'un MCE efficace et d'une défibrillation dans les 3 à 5 minutes suivant un arrêt sur fibrillation ventriculaire peut aboutir à des taux de survie de 49 à 75%. De même, une RCP bien conduite lors d'un AC sur FV permet d'obtenir un court délai supplémentaire pour l'arrivée des secours, puisque la survie diminue de 3 à 4 % par minute. A l'inverse en l'absence de RCP, tout retard est grevé d'une diminution des chances de survie allant dans l'étude de Waalewijn et al. jusqu'à une perte de 10% par minute (36). Face à une proportion de RCP entreprise par les témoins restant dramatiquement faible (8,11,12), les recommandations ERC 2010 insistent de nouveau sur le rôle prépondérant du régulateur afin que la RCP soit débütée même si elle doit être guidée par téléphone.

#### **1.3.4.1. Nouvelles perspectives grâce à la RCP audioguidée**

L'audioguidage a été entrepris dès 1985 à Seattle par l'équipe de M. S. Eisenberg. Ces derniers ont alors constaté une augmentation du taux de RCP entreprise par les témoins de 45% à 56% (37). L'audioguidage se réalisait en trois phases : identification de l'AC, consignes de ventilation et consignes de massage cardiaque. La durée moyenne était de 1 minute 30. En 1991, l'audioguidage est aussi entrepris avec succès par l'équipe de Culley et al. (38) avec une augmentation de 32% à 54% de RCP précoce suite aux instructions du régulateur médical. La même équipe de Culley et al. a aussi montré qu'après mise en place d'un protocole d'audioguidage, le taux de survie augmentait de 24% à 50% ( $p=0,3$ ) lorsque les secours arrivent en plus de 4 minutes sur les lieux de l'accident. Par la suite, plusieurs études ont évalué le taux de survie suite à un audioguidage sans démontrer d'augmentation significative (5). En France, au cours de l'étude DEFI 77 incluant 2000 cas d'AC extra-hospitaliers, les auteurs ont observé un taux de RCP entreprise à l'arrivée des secours de seulement 14%(39). Si l'on considère que la chute du taux de survie est de 10% par minute, avec un délai moyen d'arrivée des secours rapporté à 9,5 minutes on peut estimer les chances de survie comme inférieures à 5%. Des résultats similaires sont présents dans la littérature internationale avec un taux de RCP entreprise de 20 % à l'arrivée des secours. Pourtant, en France, les témoins sont présents dans 72% des cas, ce qui serait autant de chances de pouvoir débüter une RCP et ainsi d'enrayer cette surmortalité lié au retard de prise en charge immédiate. Il existe donc un potentiel d'amélioration de la prise en charge important si l'on parvenait à inciter ces témoins à débüter une RCP, que ce soit avec ou sans ventilation. C'est en ce sens que l'audioguidage téléphonique trouve toute sa place dans la chaîne de survie. Dans l'ensemble de ces études, le régulateur incite le témoin à débüter la RCP, cependant, il ne reste pas toujours en communication avec ce dernier jusqu'à l'arrivée des secours. Aucune

étude n'a, à ce jour, évalué de manière prospective et randomisée, si un audioguidage continu améliorerait plus la survie qu'un audioguidage initial. Par ailleurs, comme nous le verrons dans les chapitres suivants, aucune étude n'a encore permis de déterminer de manière formelle laquelle des techniques de RCP est la plus efficace entre la technique de RCP 30 :2 et celle dite « hand's only CPR ». Ainsi les recommandations ERC 2012 recommandent encore en première intention la RCP 30 :2 et réservent principalement les compressions thoraciques continues aux RCP guidées par téléphone ou lorsque le témoin exprime une réticence au bouche à bouche. En effet, le MCE reste l'élément essentiel à mettre en place par tous les moyens nécessaires si l'on souhaite améliorer la survie et prolonger la durée d'une éventuelle FV en l'attente d'un Défibrillateur Automatisé Externe (40).

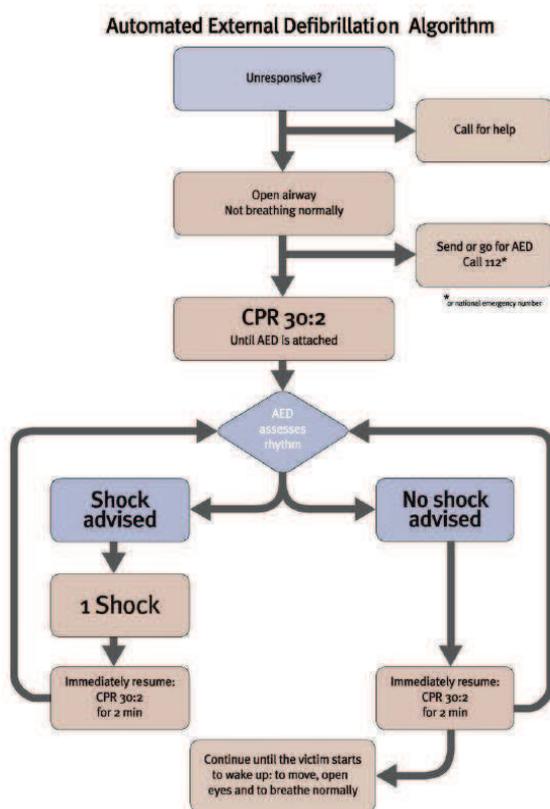
### **1.3.5. Favoriser la défibrillation précoce**

#### **1.3.5.1. Principes théoriques**

La défibrillation est le traitement de la fibrillation ventriculaire qui est le rythme le plus souvent en cause dans les morts subites de l'adulte. En effet, la proportion d'AC sur FV est estimée de 23 à 45 % à l'arrivée des secours (16,17) mais pourrait être plus importante durant les premières minutes avec des taux estimés de 59 à 67 %.(41,42). Le passage à travers une masse critique du myocarde d'un courant électrique biphasique peut permettre de restaurer une activité électrique coordonnée. Cette resynchronisation de la masse myocardique lui permet de récupérer une contraction et une relaxation homogènes et ainsi de restaurer l'hémodynamique. On parle de succès de la défibrillation lorsque l'arythmie ne récidive pas dans les 5 minutes et que l'hémodynamique est restaurée. L'une des conditions de succès de la défibrillation est son utilisation précoce. Ceci implique que la défibrillation devrait dans l'idéal être réalisée par les témoins dans les 3 minutes suivant l'AC pour aboutir à des taux de survie proches de 59% (43). Le décret du 4 mai 2007 autorisa enfin, en France, le grand public à se servir d'un défibrillateur alors que jusqu'ici seuls les secours spécialisés pouvaient le faire. Le niveau d'énergie actuellement retenu est d'au moins 150 J chez l'adulte. Durant la phase précédant choc, le MCE doit être poursuivi jusqu'à 5 secondes avant la délivrance du choc (et même pendant le chargement du défibrillateur lorsque cela est possible) Un choc unique doit être délivré et suivi immédiatement d'une RCP de 2 minutes. Les autres facteurs influençant le succès de la défibrillation sont la position des électrodes, l'impédance transthoracique, le poids de la victime et l'énergie délivrée car ces facteurs conditionnent le passage du courant au sein de la masse myocardique.

### 1.3.5.2. Accessibilité des défibrillateurs en Seine Maritime

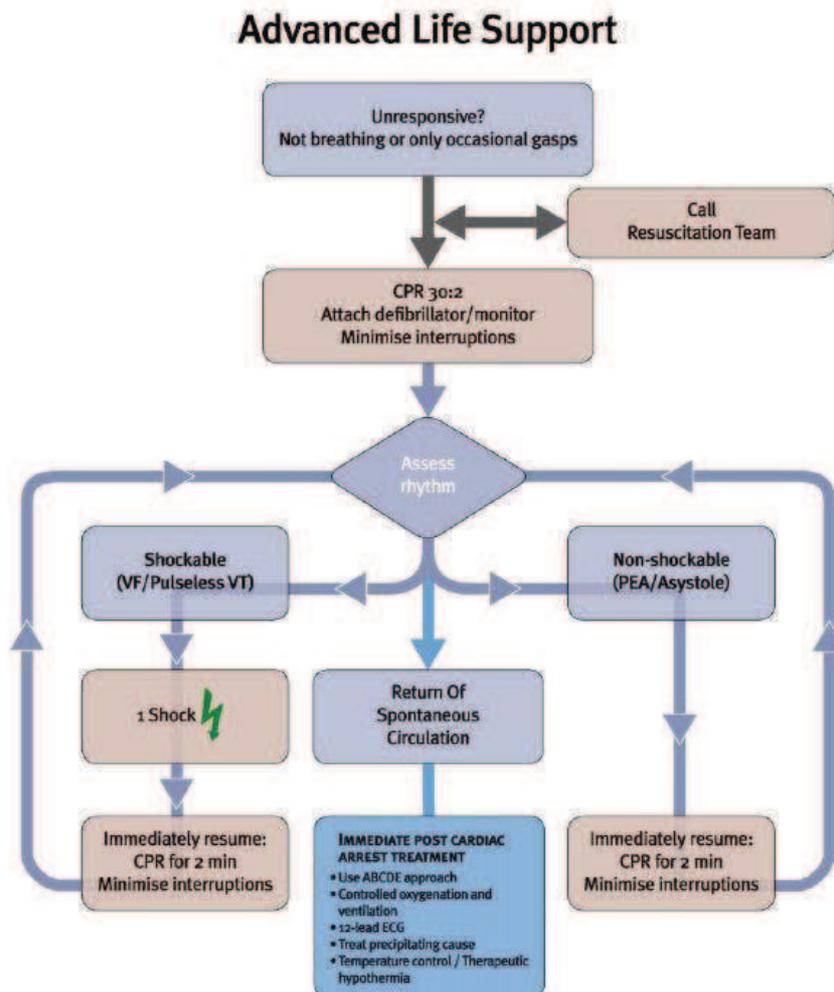
Sur le plan de leur répartition, les Sapeurs-Pompiers disposent d'environ 8 000 défibrillateurs sur l'ensemble du territoire et de nombreuses collectivités locales sont en cours d'acquisition. En 2007, on pouvait estimer en France, le nombre de défibrillateurs à la disposition du public de 1000 à 1500 appareils. Suite à un recensement récent réalisé au sein du département, plus de 800 défibrillateurs sont accessibles au grand public en Seine-Maritime. Ce chiffre se base sur la déclaration volontaire des acquéreurs. Suite à un financement du département à hauteur de 2 millions d'euros, l'ensemble des 695 communes de moins de 3500 habitants a été équipé. Sur Rouen, suite à un accord avec l'Ordre des pharmaciens, les DAE sont en grande majorité sous l'enseigne verte des pharmacies ayant accepté le partenariat la croix verte des pharmacies, facilitant la localisation du dispositif. Malgré ces efforts, en Seine Maritime comme en France, l'accès aux défibrillateurs et leur intégration aux « gestes qui sauvent » n'ayant pas encore été suffisamment assimilé par la population française. Le rôle des régulateurs médicaux et des équipes de premiers secours (pompiers et SMUR) reste plus que jamais prépondérant dans la réanimation précoce des AC extra hospitaliers si l'on souhaite améliorer le taux de survie.



## 1.3.6. La réanimation spécialisée

### 1.3.6.1. Analyse du rythme cardiaque à l'arrivée des secours

Le quatrième maillon de la chaîne de survie est la médicalisation préhospitalière. Ces équipes disposent de l'ensemble des moyens permettant d'assurer non seulement un traitement étiologique mais aussi de débiter la neuroprotection et la cardioprotection de la victime avant l'admission à l'hôpital. Tout d'abord, la mise en place précoce d'un électrocardioscope afin d'analyser le rythme cardiaque permet d'orienter rapidement la prise de décision médicale en distinguant schématiquement deux types de tracés : les rythmes sans activité hémodynamique accessibles à une défibrillation (FV et la tachycardie ventriculaire) et les rythmes inaccessibles à une défibrillation (l'asystolie, la dissociation électromécanique, et la bradycardie extrême). Dans le cas des DAE la même dichotomie est réalisée aboutissant à la consigne « choc indiqué » ou « choc non indiqué ».



Enfin, une cause réversible d'AC doit être recherchée et traitée rapidement. Les principales causes d'AC accessibles à un traitement étiologique sont l'hypoxie, l'hypovolémie, les dyskaliémies, les dyscalcémies, l'hypothermie profonde, le pneumothorax compressif, la tamponnade, les intoxications médicamenteuses (dont les cardiotropes et au cyanure), l'embolie pulmonaire, l'obstruction mécanique circulatoire et enfin l'obstruction coronarienne accessible à l'angioplastie en urgence ou à la thrombolyse.

#### **1.3.6.2. Réanimation respiratoire**

La réanimation respiratoire comprend la gestion des voies aériennes supérieures permettant une ventilation et une oxygénation adaptée. En France, la présence de d'équipes médicales pré hospitalières permet de recommander l'intubation oro-trachéale (IOT) en première intention. Sa réalisation ne doit pas interrompre les compressions thoraciques plus de 10 secondes. En cas de difficultés, une ventilation minimale doit être assurée par masque facial et canule de Guédel® ou par Fastrach® en cas d'IOT difficile. Au décours, la ventilation doit être assurée par un ventilateur. L'IOT permet aussi de mesurer la fraction expirée de CO<sub>2</sub> (EtCO<sub>2</sub>) dont la valeur est un témoin de l'efficacité du MCE. De plus une fraction expirée de CO<sub>2</sub> inférieure à 10mmHg au cours d'un MCE de bonne qualité est un facteur de mauvais pronostic alors qu'une valeur supérieure à 10 mmHg ne permet pas à elle seule de présager du pronostic.

#### **1.3.6.3. Réanimation médicamenteuse**

Sur le plan pharmacologique, l'adrénaline est le vasopresseur préconisé dans l'ACR quel qu'en soit l'étiologie. La dose recommandée est de 1 mg toutes les 3 à 5 minutes. De par son effet  $\alpha+$  l'adrénaline améliore l'efficacité du MCE en augmentant la pression télé diastolique aortique qui est un déterminant crucial de la pression de perfusion coronaire. Elle est indiquée en première intention en cas d'asystolie, de dissociation électromécanique ou à partir du 3<sup>ème</sup> choc électrique d'une TV sans restauration d'une hémodynamique efficace. L'amiodarone est recommandée à la dose de 300 mg après le 3<sup>ème</sup> choc. De par son activité anti arythmique auriculaire et ventriculaire, elle améliore la survie des AC comme l'on montré Dorian et al en 2002.

#### **1.3.6.4. Réanimation post AC**

La réanimation post AC a pour objectif la cardioprotection et la neuroprotection et le contrôle de l'instabilité hémodynamique pouvant aggraver les lésions cellulaires générées par

l'hypoxémie. Pour cela, les réanimateurs ont pour objectif de stabiliser les fonctions respiratoires en assurant une ventilation efficace, sans hyperoxie dont les conséquences pourraient être dramatiques par un phénomène de stress oxydatif. La réanimation hémodynamique comprend tous les moyens nécessaires à la correction des collapsus et des défaillances myocardiques le plus souvent au moyen d'une expansion volémique et d'amines vasoactives. En cas de pathologie coronarienne, un traitement spécifique tel que l'angioplastie devra être entrepris le plus tôt possible. C'est sur le plan de la neuroprotection avec le contrôle des Agressions Cérébrales Secondaires d'Origine Systémiques (ACSOS), que les progrès récents ont été les plus importants avec notamment l'introduction de l'hypothermie (32 à 33°C) dès la phase préhospitalière et sa poursuite jusqu'à 24 h. Son effet serait principalement dû à une limitation de l'ischémie/reperfusion cérébrale. Le contrôle des ACSOS passe aussi par le contrôle stricte de toute hyperglycémie >10 mmol/L mais en évitant les hypoglycémies.

## **2. Un geste incontournable : le massage cardiaque externe**

De l'histoire du massage cardiaque, il ressort trois auteurs principaux. G. Crile, en 1903, a été le précurseur de notre technique actuelle de réanimation cardiaque, associant le massage cardiaque externe, la ventilation artificielle par insufflation et les injections intraveineuses d'adrénaline. Un an plus tard, M. d'Halluin, par une vision globale de la réanimation cardiaque, énonça les conditions de succès des techniques de réanimation de l'époque, en particulier l'importance de la durée d'inefficacité circulatoire. Enfin, Kouwenhoven, en 1960 (44), décrit la première théorie du massage cardiaque externe qui devint la base de notre prise en charge des arrêts cardiaques. Le massage cardiaque externe est, encore aujourd'hui, le meilleur moyen d'assurer une circulation de la colonne sanguine. Il permet une irrigation des organes vitaux le temps de la mise en place de la défibrillation précoce.

### **2.1.1. Physiologie de la circulation sanguine pendant l'ACR**

Lors d'un arrêt cardiaque, l'hémodynamique s'effondre brutalement et les organes centraux et périphériques ne sont plus perfusés. Suite à la perte de la composante pulsatile, les pressions artérielle et veineuse s'égalisent autour de 7 mmHg. Le but du MCE est de restaurer cette circulation de manière artificielle afin de perfuser le myocarde et le cerveau en attendant l'éventuelle reprise d'une activité cardiaque hémodynamiquement efficace. En l'absence d'autorégulation, la pression de perfusion périphérique sera proportionnelle au débit sanguin généré par la MCE. Par ailleurs, le débit sanguin systémique sera aussi fonction du retour veineux intra thoracique.

En l'absence d'activité cardiaque et de ventilation, une course contre la montre débute puisqu'il s'agit de faire circuler au mieux une masse sanguine dont la ré-oxygénation sera limitée alors qu'il faut protéger le myocarde et le cerveau de l'hypoxie. Si une défibrillation précoce (<5 min) n'est pas disponible avant l'arrivée des secours spécialisés, le déterminant majeur de la survie à une fibrillation ventriculaire est le rétablissement d'une perfusion coronaire suffisante. Cette perfusion coronaire est la différence entre la PAo diastolique et la P atriale diastolique. On entend par diastolique, la phase de relaxation entre deux compressions thoraciques (correspondant à la systole). Il est important de noter que lorsque les compressions thoraciques sont débutées, il existe un laps de temps incompressible avant que la pression de perfusion coronaire soit établie. Ainsi toute interruption des compressions

thoraciques entrainera une chute brutale de cette pression de perfusion affectant le débit sanguin coronaire et cérébral.

Les autres déterminants de la pression de perfusion sont : les résistances vasculaires ; le volume sanguin vasculaire et la pression intra thoracique. Les résistances vasculaires, sont la cible des vasopresseurs dans la RCP spécialisée. Le volume sanguin est un déterminant important en cas de perte de volume secondaire à une extravasation. Quant à la pression intra thoracique, elle est à la base du concept de compression/décompression active ou des effets néfastes d'une ventilation à pression positive trop importante pouvant gêner le retour veineux. Classiquement, deux théories se complètent pour tenter d'expliquer les principes du massage cardiaque externe.

### 2.1.1.1. Concept de la pompe cardiaque

La première est le résultat des recherches de Kouwenhoven. Ce dernier élabore la théorie de la pompe cardiaque selon laquelle la compression du cœur entre le rachis et le sternum est responsable de la restauration d'une circulation sanguine. Au cours de la compression sternale, les pressions intra-ventriculaires augmentent plus que les pressions intra-auriculaires créant ainsi un gradient ventriculo-auriculaire. Cette différence de pression permet la fermeture des valves tricuspidiennes et surtout mitrales. L'hermétique des valves cardiaques force le flux ainsi généré à s'écouler dans le sens physiologique. Pendant la décompression, le régime de pression diminue puis s'inverse permettant le remplissage ventriculaire et la fermeture des valves pulmonaires et aortiques.

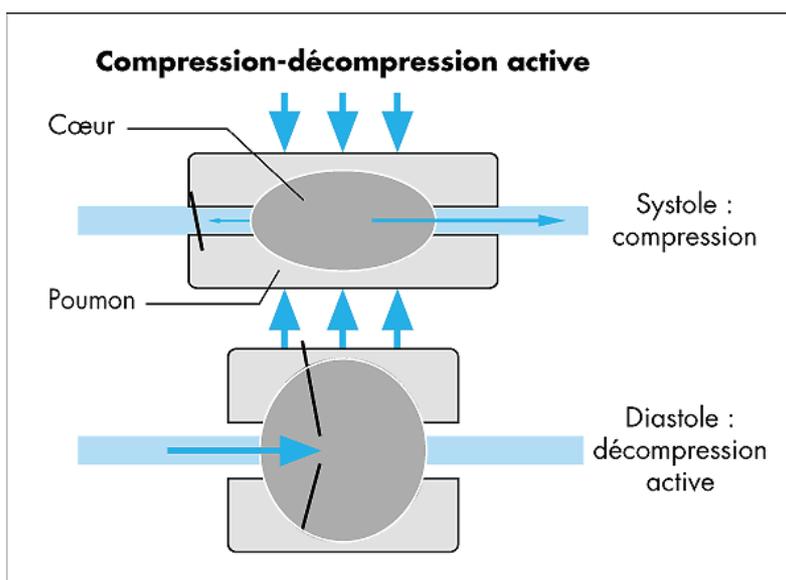


Figure 1. Théorie de la « pompe cardiaque » : le massage cardiaque agit par une compression du cœur et les valves cardiaques restent fonctionnelles (d'après Carli P.)

Certains auteurs ont remis en question cette théorie, principalement grâce à l'échocardiographie. En effet, les données de l'imagerie révèlent que les valves cardiaques ne restent pas continentes pendant le MCE. Ainsi la compression de la pompe cardiaque n'explique pas à elle seule l'efficacité hémodynamique des compressions thoraciques.

### 2.1.1.2. Concept de la pompe thoracique

La seconde est la théorie de la pompe thoracique développée par Rudikoff en 1980. Ce dernier suppose que l'ensemble de la pression intra thoracique est augmentée par le MCE. Cette augmentation de pression est aussi uniforme dans les cavités cardiaques et tout le réseau intra-thoracique. Dans cette théorie la compression cardiaque ne serait pas la conséquence d'une compression mécanique directe entre deux plans durs (sternum et rachis) mais résulterait de l'augmentation globale de la pression intra-thoracique. L'augmentation de la pression étant le résultat de la compression d'un espace clos (thorax + poumons). Cette élévation brutale de la pression intra-thoracique se répercutant sur les cavités cardiaques et les gros vaisseaux. Ainsi, c'est l'ensemble du volume sanguin intra thoracique (contenu dans le cœur et les gros vaisseaux) qui est éjecté hors de la cage thoracique. Le cœur est considéré comme un conduit passif dont les valves restent ouvertes. En l'absence de continence des valves cardiaque, Rudikoff explique le flux antérograde par un collapsus dans les territoires caves. Le sang ne pourrait y refluer car la phase de compression du MCE collabe les veines jugulaire dans le territoire supérieur. Dans le territoire cave inférieur ce sont les valvules veineuses qui empêchent le reflux sanguin. Dans cette théorie, le débit généré est fonction de la force de compression et surtout du rapport compression/décompression

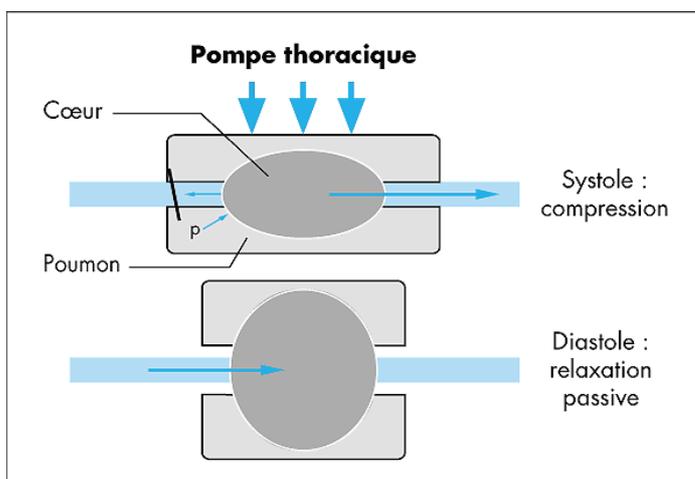


Figure 2. Théorie de la « pompe thoracique » : le massage cardiaque agit par une compression de la cage thoracique ; le cœur est un conduit passif et les valves cardiaques ne jouent plus leur rôle (d'après Carli P.) (p = pression)

Ces deux théories ne sont pas antagonistes et peuvent même se révéler interdépendantes. En effet, dans le travail de recherche de Hackl et al.(45), lors d'une compression thoracique, plus la force de celle-ci est importante, plus le phénomène de pompe cardiaque est important. A l'inverse, lors de la décompression, la circulation sanguine est le résultat du phénomène de pompe thoracique.

### **2.1.2. Réalisation du MCE**

Le MCE est donc une technique permettant d'assurer une circulation par l'intermédiaire de compressions thoraciques répétées. Même réalisé avec une technique rigoureuse, l'efficacité du MCE est relative en comparaison du débit généré par la circulation spontanée. C'est pourquoi sa réalisation doit être la plus optimale possible.

Tout d'abord, le témoin doit s'agenouiller à côté de la victime le long de son torse, puis place les épaules à la verticale au-dessus de son thorax.

Les mains doivent être positionnées à plat, l'une sur l'autre au centre du thorax (correspondant à la moitié inférieure du sternum).

Les compressions thoraciques sont effectuées bras tendus avec une profondeur d'au moins 50 mm et doivent être répétées au moins 100 fois par minute (maximum 120 fois par minute).

La relaxation du thorax entre chaque compression doit être complète afin de favoriser le retour veineux.

Le nombre total de compressions administrées pendant la réanimation est un facteur déterminant important de la survie à la suite d'un arrêt cardiaque. Le nombre de compressions administrées est fonction de la *fréquence* des compressions et de la *fraction* de compression (la portion du temps total de RCP pendant laquelle des compressions sont réalisées). Toute augmentation dans la fréquence et la fraction de compression augmentera le nombre total de compressions administrées, alors que toute diminution dans la vitesse ou la fraction de compression réduira le nombre total de compressions administrées.

La fraction de compression est améliorée lorsqu'on diminue le nombre et la durée des interruptions des compressions, et elle sera réduite par toute interruption fréquente ou prolongée des compressions thoraciques.

Lors d'une RCP standard 30 :2, les compressions thoraciques doivent être reprises le plus vite possible après les deux insufflations durant une seconde chacune. La libération des voies aériennes (VAS) s'effectue en basculant la tête en arrière et en tirant le menton vers le haut. Le

nez doit être pincé et la bouche de la victime ouverte tout en maintenant l'élévation du menton. Le volume insufflé ne doit pas être trop important, correspondant à un volume courant. Le secouriste doit laisser la victime expirer complètement avant d'insuffler une seconde insufflation.

La durée totale allouée aux cycles de ventilation doit idéalement être moins de 5 secondes.

Ce cycle de réanimation ne doit être interrompu qu'à la demande des secours ou si la victime se réveille, ouvre les yeux et respire normalement ou si le secouriste est épuisé sans possibilité de relai.

Cette technique doit être expliquée aux témoins afin qu'ils débutent le MCE. Il semblerait que l'élément le plus difficile à appréhender par les non-secouristes soit la profondeur des compressions. En effet, la peur fréquemment évoquée « d'aggraver les choses » ou de casser des côtes peut inhiber les témoins et limiter la force de leurs compressions.

Les protocoles d'audioguidage ont pour but de guider les non-secouristes pour leur installation auprès de la victime et pour la position des mains sur le thorax. Puis, le régulateur leur demande de « pousser vite » et de « toutes leurs forces » lors de chaque compressions. Les compressions doivent être réalisées en continu jusqu'à l'arrivée des secours. Lorsque cela est possible, le régulateur doit encourager le relai entre les témoins pour limiter leur fatigue.

### **2.1.3. “Hand’s only CPR” versus “conventional CPR”**

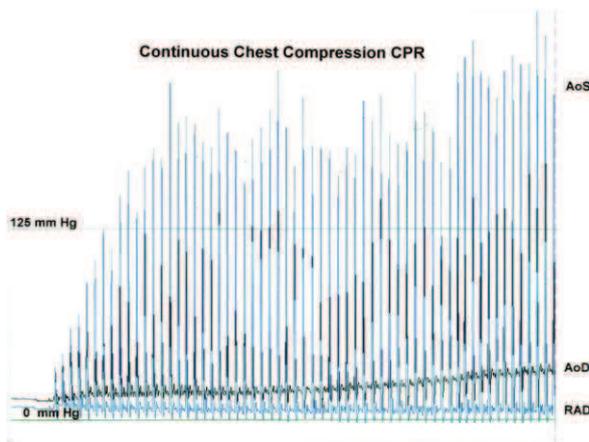
#### **2.1.3.1. Avantages des compressions thoraciques continues**

Plusieurs arguments sont en faveur du MCE seul. Tout d'abord en cas de de libération des VAS, les gaps et le flux ventilatoire généré par les compressions thoraciques permet une partie des échanges gazeux proches de l'espace mort anatomique. (46) (47). L'hypoxémie est plus importante chez les sujets bénéficiant d'une RCP classique (30 :2) jusqu'à 4 minutes, au-delà les rapports s'inversent. Les protocoles de massage cardiaque continu sont donc tout indiqués en cas d'AC devant un témoin non secouriste appelant les secours rapidement, et lorsque ceux-ci peuvent rapidement être sur les lieux de l'accident. Le régulateur médical pourrait alors inciter ce dernier à ne réaliser que les compressions thoraciques.

Par ailleurs, sur le plan hémodynamique, une interruption prolongée des compressions thoraciques au profit de la ventilation peut se révéler délétère pour la perfusion coronaire et cérébrale. De plus, cette pression de perfusion étant longue à restaurer à la reprise du MCE,

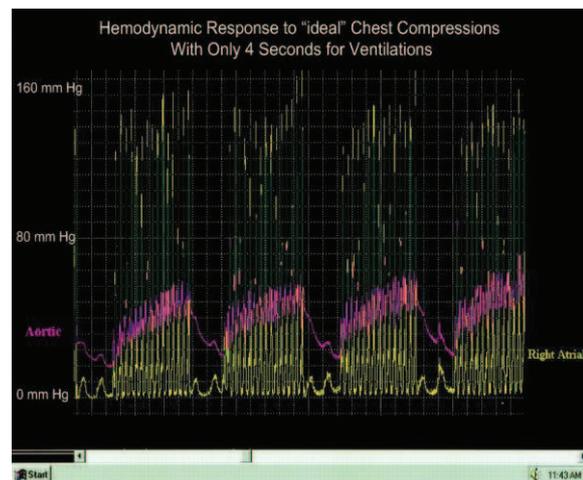
les recommandations 2005 avaient déjà augmenté le rapport compression/ventilation de 15 :2 à 30 :2 avec deux insufflations d'une seconde afin de limiter les conséquences hémodynamiques des interruptions trop fréquentes et prolongées.

Simultaneous recording of aortic and right atrial pressures during continuous external chest compressions in swine in cardiac arrest due to ventricular fibrillation



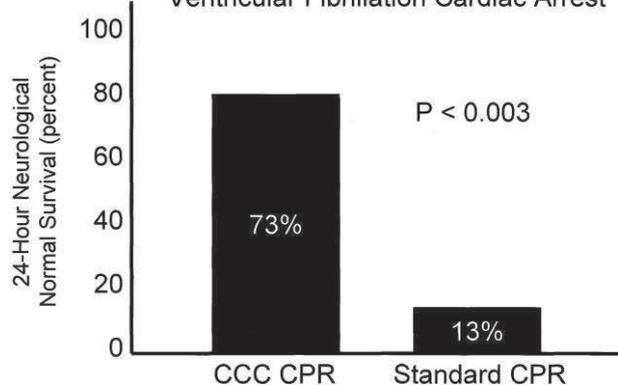
Ewy G A Circulation 2005; 111:2134-2142

Simultaneous recording of aortic diastolic (red) and right atrial (yellow) pressures during CPR in which 2 ventilations are delivered within 4-second time period.



Le massage cardiaque continu permet une augmentation de la proportion de compressions effectives par minute, allant du simple au double par rapport à la RCP classique. On se rapproche ici du concept de réanimation cardio-cérébrale selon laquelle toute interruption du flux généré par le massage diminue et aggrave le pronostic neurologique.(48) De même, si la pression de perfusion coronaire est maintenue en continu, cela augmente la probabilité de récupération d'une circulation spontanée.

Comparison of Outcome During a Simulated Single Lay Rescuer Scenario of Out-of-Hospital Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest



Comparison of 24-hour neurologically normal survival (percent) during simulated single lay rescuer scenario of out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest. CCC CPR is continuous chest compression CPR without ventilation ; standard CPR is when each set of 15 chest compressions was interrupted for 16 seconds to deliver 2 ventilation

Ewy G A Circulation 2005;111:2134-2142

Plusieurs études ont mis en évidence un éventuel bénéfice à ne recommander que les compressions thoraciques en continu. Celles de Nagao & al. en 2007 et Virkkunen & al. en 2006. (49) retrouvait une tendance à l'amélioration de la survie en faveur du MCE continu. L'étude prospective japonaise du SOS KANTO met en évidence une amélioration du pronostic neurologique en faveur du MCE continu. Ces auteurs ne mettent pas en évidence d'amélioration du pronostic vital par le bouche à bouche. L'équipe de Borlow & al. conclue aussi à une amélioration de la survie suite à un MCE continu par rapport à la RCP 30 :2. Enfin, une méta-analyse par l'équipe de Hüpfl & al. met en évidence une augmentation de la survie supérieure (22%) chez les patients ayant bénéficié d'un MCE continu par rapport au groupe RCP standard.

### **2.1.3.2. Limites de la RCP 30 :2**

Les principaux risques sont le risque d'insufflation gastrique et les interruptions des compressions thoraciques (50,51) afin de réaliser la ventilation artificielle. De plus, la ventilation artificielle est extrêmement difficile quel que soit le niveau de formation de la personne réalisant le bouche à bouche. Avec en pratique, un taux de succès très faible (52) et une durée de réalisation au-delà des 4 secondes recommandées (16 secondes en moyenne pour les non-secouristes, 14 secondes pour les étudiants en médecine, 10 secondes pour des « paramedics ») (53), la ventilation artificielle est difficilement réalisable selon ses standards théoriques.

Lors de la RCP 30 :2, le nombre total de compressions thoracique effectives délivrées par minute peut se trouver réduit de moitié si la durée pour l'installation et la réalisation des insufflations thoraciques est trop longue. De même, lors d'une étude expérimentale ayant été réalisée avant les recommandations 2005, dans l'hypothèse où les cycles de 15 compressions thoraciques étaient interrompus pendant 16 secondes afin de délivrer les insufflations, Yu et al. avaient déjà montré que le taux de survie était significativement en faveur des compressions continues. Sur le plan expérimental, ces auteurs avaient montré que les interruptions de flux se faisaient aux dépens de la perfusion coronaire et cérébrale (48) puisque les pressions de perfusions n'étaient rétablies qu'après plusieurs compressions thoraciques (54).

### 2.1.3.3. Limite des compressions thoraciques continues

Enfin, trois études sont en défaveur du massage cardiaque continu. Celle d'Iwani & al. en 2007 (55) mettait en évidence une supériorité de la RCP classique (30 :2) lorsque le délai diagnostique était supérieur à 15 minutes. Les deux autres études retrouvant une supériorité de la RCP classique étaient celle d'Abe & al. en 2009 (56) et de Holmberg & al. en 2001 (34). De plus, une étude par Trowbridge et al. en 2009 (57) a montré que la puissance des compressions délivrées était plus faibles lors d'un protocole de compressions continues, ce d'autant plus si l'âge des témoins est élevé. De plus, au-delà de 4 minutes, les études expérimentales ont montré que la réanimation standard était supérieure aux compressions seules, notamment en raison d'une chute de la PaO<sub>2</sub> due à l'absence de ventilation efficace (58). Une étude de Stiell et al. met en évidence un effet délétère des fréquences de MCE > 120/min sur la profondeur moyenne des compressions thoraciques.

	Average Compression Rate/Min			Total
	0–80	81–120	121+	
Average compression depth				
<38 mm	44 (52%)	351 (48%)	148 (70%)	543 (53%)
38–51 mm	25 (29%)	315 (43%)	58 (28%)	398 (39%)
>51 mm	16 (19%)	68 (9%)	4 (2%)	88 (9%)
Total	85 (100%)	734 (100%)	210 (100%)	1029 (100%)

Chi-square test for association:  $p < .001$ .

### 2.1.3.4. Place des compressions thoraciques continues dans les recommandations ERC 2010

Au regard des données évoquées précédemment, les recommandations 2010 ne recommandent pas en première intention, la réalisation des compressions thoraciques seules, mais plutôt une RCP 30 :2. La ventilation est particulièrement recommandée dans certains cas :

- Tout d'abord lorsque la victime est un enfant dont les premières causes d'AC sont hypoxiques. Il faut alors débiter la RCP par deux insufflations puis conduire la RCP selon le rythme.
- Dans tous les cas d'arrêt hypoxiques tels que la noyade, la fausse route et la pendaison la réalisation des insufflations thoracique fait partie des premiers gestes à effectuer.

- Lorsque le témoin est un secouriste sachant réaliser les gestes d'urgence.

Par contre, il est évident que si les insufflations thoraciques ne peuvent être réalisées, un MCE continu seul doit être tenté, car il permet une amélioration de la survie supérieure à une attitude attentiste.

Ainsi, le régulateur peut être amené à adapter la prise en charge initiale en s'assurant, autant que possible, que les compressions thoraciques seront délivrées en attendant l'arrivée des secours spécialisés :

- Lorsque le témoin refuse la réalisation du bouche à bouche.
- Lorsque le témoin n'est pas secouriste ou ne sait pas réaliser les gestes d'urgence.

## **2.2. Protocole d'audioguidage téléphonique du SAMU 76**

Le régulateur doit alors disposer d'un outil lui permettant de guider facilement le témoin.

En effet l'implantation d'un protocole pour aider les médecins régulateurs à délivrer les conseils téléphoniques permet d'augmenter jusqu'à 70% le taux de RCP initiée par les témoins dans les cas éligibles (59) . A l'inverse, ce taux chute à 40% lorsqu'aucun protocole n'est disponible (60).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail suite à la création au SAMU 76 d'un protocole de régulation et d'assistance téléphonique à la réalisation du MCE continu par les témoins d'un AC.

Le protocole de régulation a été développé sur la base des recommandations ERC 2010 et sur les données récentes bibliographiques (15) afin d'améliorer la régulation téléphonique des AC au SAMU de Rouen. Il a été adapté pour être utilisé lors des scénarii de simulation de nos 2 études.

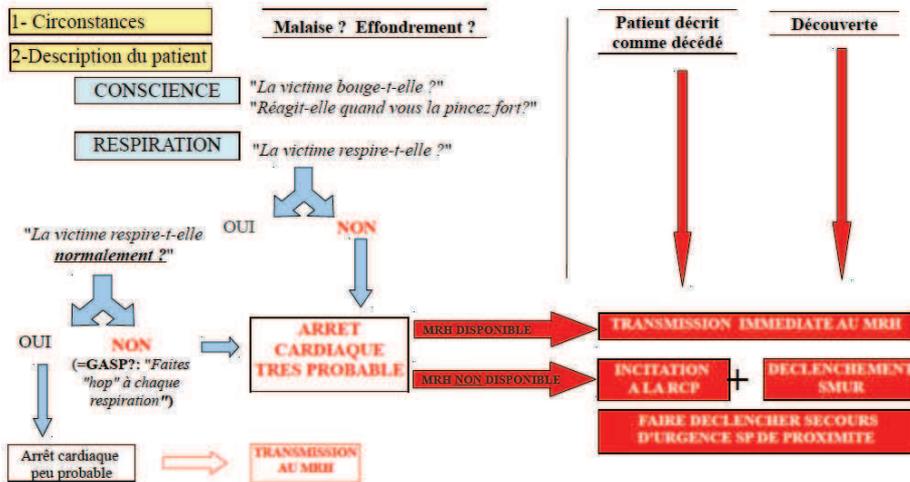
Il comprend une phase diagnostique réalisée dès la réception de l'appel, recherchant l'absence de signe de vie (conscience et ventilation spontanée). En leur absence, une équipe de secours spécialisée «prompt secours» est déclenchée par la PARM et l'appel est immédiatement transféré au médecin régulateur. Celui-ci recherche éventuellement des arguments en faveur d'une respiration anormale.



## APPEL POUR ARRÊT CARDIAQUE PROTOCOLE D'AIDE AU DIAGNOSTIC ET DECLENCHEMENT



Protocole écrit par E. BESNIER et C. DAMM  
Validé par les Dr P. ROUX et B. JARDEL et le Pr B. DUREUIL Version 05/2011



Lorsque la suspicion d'AC est confirmée, le régulateur débute l'audioguidage selon le protocole ci-dessous, afin que les témoins non secouristes puissent réaliser les compressions thoraciques. Le régulateur peut rester en ligne jusqu'à l'arrivée des secours en continuant l'audioguidage.



## APPEL POUR ARRÊT CARDIAQUE INCITATION A LA RCP



Protocole écrit par E. BESNIER et C. DAMM  
Validé par les Dr P. ROUX et B. JARDEL et le Pr B. DUREUIL Version 05/2011

- |  |   |
|--|---|
| <b>1- ANNONCER LE DIAGNOSTIC</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- "Votre proche est en arrêt cardiaque"</li> <li>- "Les secours vont arriver"</li> </ul>   |
| <b>2- FAIRE PRATIQUER LE MASSAGE CARDIAQUE</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- "Vous allez devoir débiter un massage cardiaque"</li> <li>- "Savez-vous réaliser un massage cardiaque?"</li> <li>- "Je vais vous guider"</li> <li>- "Si possible activez le haut parleur du téléphone"</li> <li>- "Mettez-vous à genoux à côté de la victime"</li> <li>- "Placez vos mains superposées sur le milieu de la poitrine du patient"</li> <li>- "Appuyez fort bras tendus, avec le poids de votre corps et relâchez à cette cadence"               <ul style="list-style-type: none"> <li>- faire le métronome -</li> </ul> </li> <li>- "Ne vous arrêtez pas"</li> <li>- En présence de plusieurs témoins : "Relayez-vous dès que vous fatiguez"</li> </ul> |
| <b>3- FAIRE UTILISER UN DEFIBRILLATEUR</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si proximité d'un DAE (rechercher dans l'application) et plusieurs témoins :<br/>"Envoyez quelqu'un chercher un défibrillateur "</li> </ul>  |

### 3. Objectif de ce travail de recherche

L'objectif principal de ce travail était de déterminer, sur mannequin de simulation, quelle serait la méthode d'audioguidage téléphonique la plus efficace afin qu'un témoin non secouriste puisse produire un MCE continu de bonne qualité jusqu'à l'arrivée des secours spécialisés.

Pour ce faire, nous avons comparé successivement sur un mannequin de simulation, un protocole d'audio guidage téléphonique continu délivré par un régulateur médical à deux protocoles d'incitation non continue :

- La première étude comparait le MCE réalisé pendant un audioguidage continu à celui réalisé suite une consigne unique de MCE continu.
- La seconde étude comparait le MCE réalisé pendant un audioguidage continu à celui réalisé suite à l'utilisation du protocole simplifié d'initiation aux compressions thoraciques disponible dans le protocole d'audioguidage continu

L'évaluation de ces différents protocoles d'audioguidage nous a servi de travail préliminaire à la conception d'une étude prospective randomisée monocentrique en simple aveugle permettant de comparer deux méthodes d'audio guidage continu à une méthode d'initiation rapide au MCE basée sur un audioguidage par protocole simplifié.

Les audioguidages de ce travail de recherche étaient réalisés par des régulateurs médicaux au cours de simulations sur mannequin.

Nous les avons réalisé à 6 mois d'intervalle, les deux périodes d'inclusion comprenant chacune plusieurs séances de simulation.

#### **4. Première étude :**

### **Évaluation d'un audioguidage continu par rapport à un audioguidage par consigne unique**

## 4.1. Objectif principal

L'objectif de cette première étude était d'évaluer si la réalisation d'un audioguidage téléphonique en continu par le régulateur médical permettait d'améliorer la qualité du MCE produit par un témoin non secouriste par rapport à une consigne unique, sur une durée de 7 minutes, correspondant au délai moyen d'intervention des secours sur l'agglomération où était conduite l'étude.

## 4.2. Objectifs secondaires

Les objectifs secondaires étaient :

- ✓ D'estimer la proportion de MCE continu effectif après une consigne de MCE continu
- ✓ D'évaluer le nombre total de compressions délivrées
- ✓ De mesurer le délai moyen avant la 1<sup>ère</sup> compression
- ✓ D'évaluer la capacité de la population à diagnostiquer un AC sur mannequin

## 4.3. Matériel et méthodes

### 4.3.1. Méthodologie

Il s'agissait d'une étude de type monocentrique, prospective, randomisée en simple aveugle.

La randomisation était assurée par un tirage au sort au moyen d'enveloppes opaques. Celles-ci étaient préparées selon une liste de randomisation informatique puis scellées avant les journées de simulation.

Chaque enveloppe contenait un formulaire de consentement, un feuillet d'information sur l'étude en cours et un lieu fictif indiquant au régulateur quel protocole utiliser. Nous avons défini de la manière suivante : rue = consigne unique ; quai = audioguidage continu.

Etant donné que les participants ne connaissaient pas précisément les critères d'évaluation et que le scénario leur était inconnu au moment de l'inclusion, nous avons considéré que ceux-ci étaient en aveugle. Les informations dont ils disposaient étaient qu'ils participaient un scénario de prise en charge d'une détresse vitale sur mannequin.

Après randomisation, l'observateur responsable de la salle de simulation leur donnait les informations suivantes sur le scénario : lieu de la scène (indiqué dans l'enveloppe de

randomisation), l'heure, les circonstances de l'effondrement de la victime et l'absence d'autres témoins à proximité.

Un téléphone avec fonction « mains libres » relié à une salle de régulation à distance, leur était confié. Les cinq médecins régulateurs ayant participé à l'étude avaient une activité professionnelle au SAMU et avaient été formés au suivi scrupuleux du protocole d'audioguidage. La régulation se déroulait dans une pièce distincte ou avait lieu la simulation. De cette manière, les régulateurs n'avaient aucun contrôle visuel du MCE réalisé par les participants.

#### **4.3.2. Paramètre principal**

L'objectif de l'étude étant de déterminer l'efficacité d'une méthode d'incitation au MCE, nous avons retenu comme paramètre principal le taux de succès obtenu par les témoins au terme de chaque simulation.

Le succès était défini dans notre étude par l'association d'une *fréquence moyenne* > 100/min *ET* d'une *profondeur moyenne* > 50 mm (ERC 2010).

Ces paramètres quantitatifs étaient recueillis sur un mannequin de type Ambu®CPR et son logiciel Ambu®CPR software durant les 7 minutes du scénario.

#### **4.3.3. Paramètres secondaires**

Les paramètres secondaires étudiés recueillis étaient : la proportion de MCE continu, la fréquence moyenne du MCE, la profondeur moyenne des compressions thoraciques, le nombre total de compressions délivrées et le délai moyen avant la première compression. Des informations sur la possession d'un téléphone portable, son accessibilité et la connaissance du numéro des secours étaient également colligées.

#### **4.3.4. Recueil des données**

Le recueil des données paramétriques du MCE a été réalisé par l'intermédiaire de mannequin Ambu®CPR WLAN et du logiciel AmbuCPR® software.

Les mannequins et leur logiciel étaient étalonnés de manière automatique au début de chaque journée de simulation.

Durant la première partie de l'étude, l'enregistrement était débuté dès le début de la simulation La durée totale de chaque enregistrement était de 7 minutes.

### **4.3.5. Protocole de la première étude**

#### **4.3.5.1. Déroulement de la simulation**

Les participants étaient randomisés au début du scénario en deux groupes : « consigne unique » ou « audioguidage continu ».

A l'appel, le régulateur demandait au participant le lieu fictif du scénario de simulation correspondant au résultat de la randomisation puis il appliquait le protocole diagnostique commun aux deux bras de l'étude. A ce stade, selon la randomisation du sujet, soit il poursuivait l'audioguidage au moyen de la partie interventionnelle du protocole ou soit il donnait la consigne unique de débiter le massage cardiaque jusqu'à l'arrivée des secours avant de raccrocher.

#### **4.3.5.2. Groupe « audioguidage continu »**

Le protocole de diagnostic et de régulation des AC du SAMU 76 a été adapté pour être utilisé lors des scénarii de simulation de notre étude.

Dans notre étude, la phase interventionnelle du protocole d'audioguidage se faisait en deux étapes :

- Tout d'abord, le régulateur débutait par la lecture d'un protocole d'initiation au MCE. Ce protocole comprenait des consignes pour la mise en route du haut-parleur sur le téléphone, des consignes pour l'installation auprès de la victime, la position des mains sur le thorax et des consignes concernant les principes et la réalisation des compressions thoraciques. Celles-ci insistaient sur la profondeur et la relaxation nécessaire, puis sur la nécessité absolue de continuer le MCE sans interruption. Enfin le rythme de 105/minute était donné à haute voix par le régulateur pendant 20 à 30 secondes lorsque le témoin débutait les compressions thoraciques.
- L'audioguidage continu était poursuivi jusqu'à l'arrivée fictive des secours (+7 minutes) . Tout au long de la régulation, le médecin se devait d'associer trois types de consignes. Premièrement, il disposait de phrases clefs afin de favoriser la profondeur des compressions et la relaxation du thorax. Deuxièmement, il disposait d'un métronome afin de donner à haute voix un rythme de 105/min au témoin. Enfin, il disposait de phrases de réassurance concernant l'arrivée des secours et le caractère indispensable du MCE continu.

#### **4.3.5.3. Groupe « consigne unique »**

En cas de randomisation dans le groupe dit « consigne unique » les participants étaient au terme de la phase diagnostique, incités par le régulateur à débiter les compressions thoraciques.

- Le régulateur devait insister sur la nécessité de réaliser un MCE continu et notamment son caractère continu jusqu'à l'arrivée des secours. Par la suite, le régulateur coupait la communication, laissant le participant seul.

#### **4.3.6. Critères d'inclusion**

Les inclusions étaient effectuées lors de journées d'information sur les gestes de premiers secours. Les participants étaient soumis comme premier témoin à un scénario de simulation de prise en charge initiale d'un adulte en arrêt cardiaque. Le participant était seul et ne disposait que d'un téléphone portable pour prévenir les secours.

Les participants étaient volontaires et recrutés dans l'un des quatre lieux suivants : école de commerce, salle de sport ou bibliothèque.

A la fin de la simulation les participants étaient invités à un débriefing avec l'équipe de simulation et un psychologue.

#### **4.3.7. Critères d'exclusion**

Les sujets étaient exclus lorsqu'un des critères suivant était présent : âge <16 ou >75 ans, handicap physique, non maîtrise de la langue française, formation avec diplôme aux premiers secours d'une durée supérieure à 6 heures. De même, Les sujets ayant déjà bénéficié d'une information sur les gestes de premiers secours (inférieure à 6 heures) dans les 6 mois étaient aussi exclus.

#### **4.3.8. Consentement**

Les participants étaient invités à donner leur consentement éclairé concernant leur participation à l'étude. Une information écrite sur les objectifs de l'étude leur était délivrée.

#### **4.3.9. Statistiques**

L'analyse du critère principal de cette étude utilise une comparaison unilatérale des proportions de succès d'un MCE réalisé par un volontaire, par le test de Fisher entre, d'une

part, le groupe avec audioguidage continu et d'autre part le groupe contrôle (consigne unique). Le risque  $\alpha$  est fixé à 5%.

La profondeur et la fréquence par groupe sont exprimées en moyenne,

La comparaison des données paramétriques entre les deux groupes est quant à elle, effectuée au moyen d'un test de Mann & Whitney.

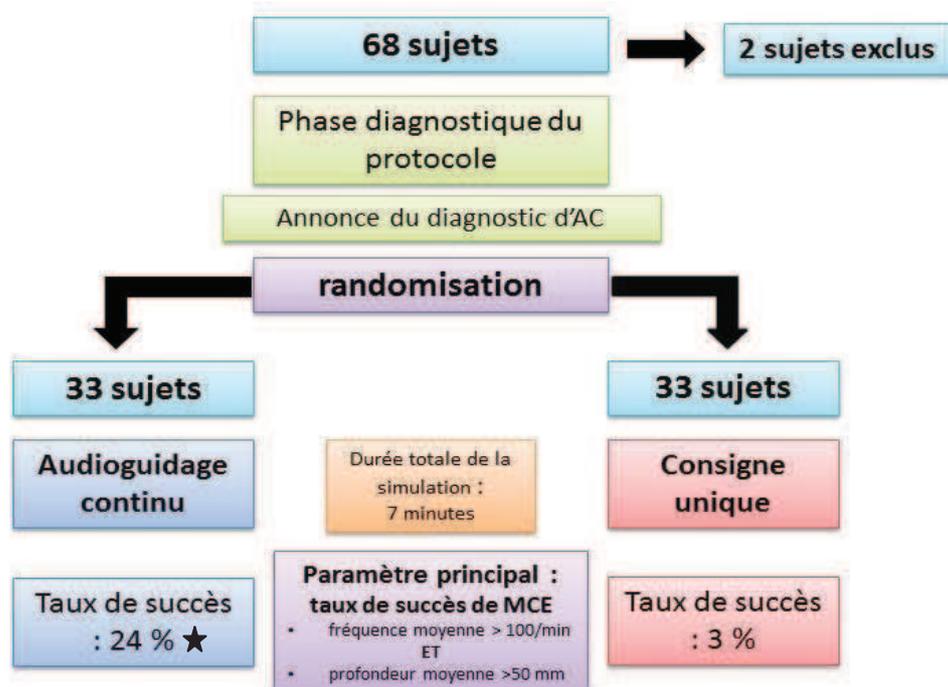
En cas d'arrêt prématuré de la participation au scénario, les sujets étaient exclus de l'étude.

#### 4.4. Résultats de la première étude : audioguidage continu versus consigne unique

68 sujets étaient éligibles à la simulation. Deux ont été exclus en cours de simulation (un sujet ne souhaitant pas poursuivre le scénario et un sujet comprenant mal la langue française). Les 66 sujets restant étaient randomisés. L'âge moyen des participants était de 25 ans (24 ans dans le groupe audioguidé et 27 ans dans le groupe consigne unique).

Le niveau de formation antérieur était comparable dans les deux groupes : 9% des cas avaient reçu une formation supérieure à 6 heures, 18% n'avaient reçu aucune information dans le groupe non guidé et 21% dans le groupe audioguidé, 69% avaient eu une information de moins de 6 heures dans le groupe audioguidé contre 72% dans le groupe consigne unique.

Le sexe ratio était équivalent dans les deux groupes (F= 40% ; H=60%). Tous les participants déclaraient avoir un téléphone portable. 91% déclaraient l'avoir en permanence avec eux, et moins d'1% déclarait ne l'avoir qu'occasionnellement. 8% l'avait souvent avec eux.



#### 4.4.1. Paramètre principal : taux de succès de MCE continu

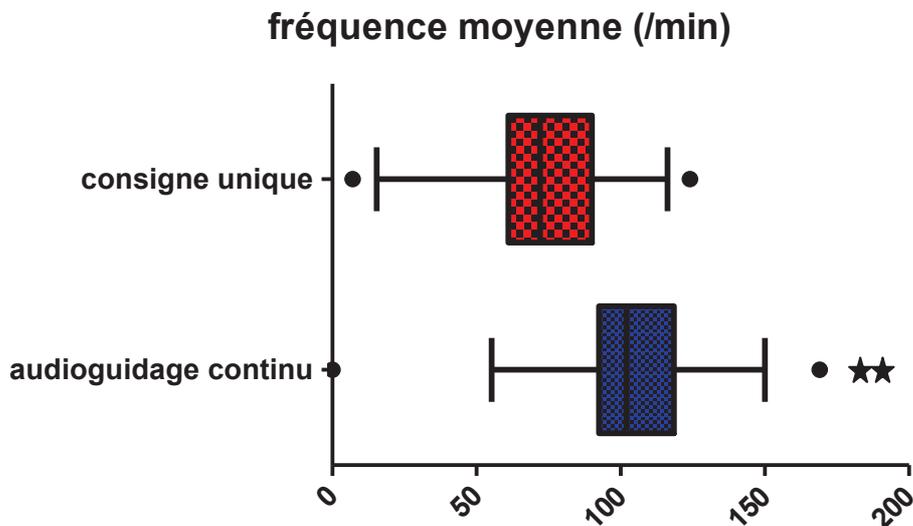
24% (n=8) des sujets audioguidés en continu par le médecin régulateur ont réalisé un massage efficace alors que seuls 3% (n=1) des sujets non guidés y parviennent ( $p < 0.05$ ).

Il y avait moins de sujets réalisant un MCE sans aucun des critères de qualité requis dans le groupe audioguidé (24%) que dans le groupe des sujets non guidés (36%)(NS)

#### 4.4.2. Paramètres secondaires

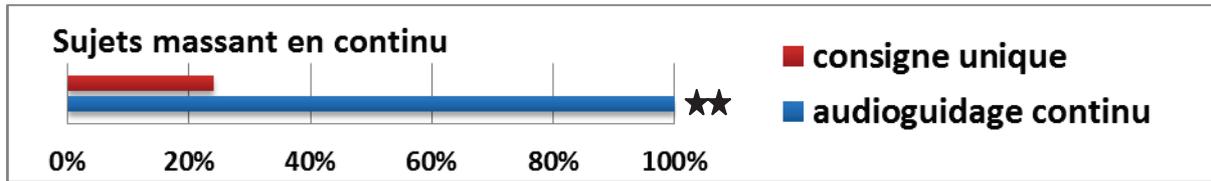
##### 4.4.2.1. Fréquence et nombre total de compressions thoraciques

L'audioguidage permettait d'augmenter le nombre total de compressions délivrées tout au long de la prise en charge. En effet, la fréquence dans le groupe audioguidé était de 103.5/min ( $\pm 27.1$ ) pour un total moyen de 486 ( $\pm 169$ ) compressions. La fréquence du MCE dans le groupe consigne unique était de 73.7/min ( $\pm 24.4$ ) pour un total moyen de 220 ( $\pm 220$ ) compressions délivrées.



La fréquence était aussi significativement augmentée par un audioguidage continu ( $p < 0.01$ ).

#### 4.4.2.2. Proportion de MCE continu



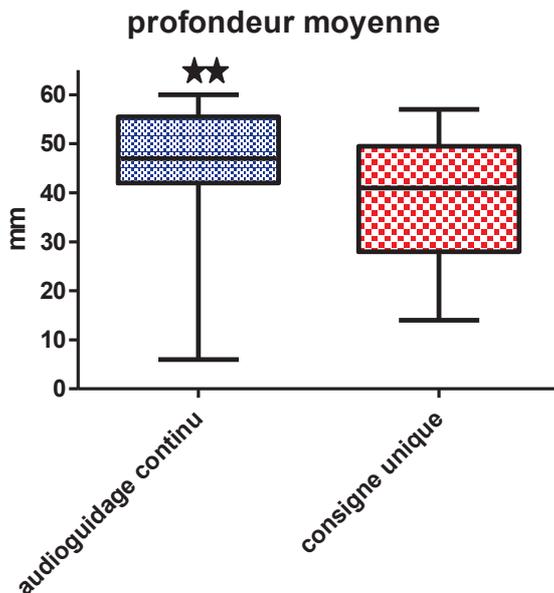
L'augmentation du nombre total de compressions était aussi la conséquence d'un MCE délivré de manière plus précoce et sans interruption. En effet, le massage était continu chez 100% des sujets audioguidés alors qu'il n'était continu que dans 24 % des sujets du groupe consigne unique ( $p < 0.05$ ) malgré la consigne donnée par le régulateur

Dans le sous-groupe de sujets non guidés mais massant en continu la fréquence moyenne était de 75.5/min.

57% des sujets du groupe consigne unique réalisaient malgré la consigne de MCE continu une RCP classique de type 30 :2. La qualité de la ventilation effectuée n'a pas été étudiée.

#### 4.4.2.3. Profondeur du MCE

La profondeur moyenne des compressions du groupe audioguidé était de 46.2 mm (+/- 11.9) et de 37.4mm (+/-13.1) dans le groupe consigne unique ( $p < 0.01$ ).



La profondeur du MCE était aussi significativement augmentée par un audioguidage continu

#### **4.4.2.4. Phase diagnostique du protocole**

L'ensemble des sujets était audioguidé lors de la recherche des critères diagnostiques. 44% recherchaient correctement l'absence de conscience par une stimulation verbale et physique. 33% ne recherchaient pas correctement cette perte de conscience et 33% ne la recherchaient pas du tout malgré les consignes du médecin régulateur.

59 % de sujets recherchaient correctement l'absence de ventilation spontanée pendant une durée d'au moins 10 secondes en libérant les VAS. 18% des sujets ne libéraient pas correctement les VAS. 15% des volontaires libéraient les VAS correctement mais n'attendaient pas 10 secondes pour affirmer l'absence de ventilation spontanée. Enfin, 7% des sujets ne libéraient pas du tout les VAS malgré les consignes téléphoniques.

Le délai avant la première compression thoracique était de 2 minutes 05 dans le groupe audioguidé contre 2 minutes 10 dans le groupe consigne unique. 86% des volontaires connaissaient le numéro des secours dans le questionnaire pré-simulation.

#### **4.4.2.5. Compressions dangereuses**

Il n'existait pas de différence significative entre le taux de MCE potentiellement dangereux entre les deux groupes. Il existait dans chaque groupe, 4 sujets réalisant plus de 25% de compressions dangereuses.

#### **4.4.2.6. Rapport compression/relaxation**

Dans le groupe audioguidé, 30% des sujets effectuent un MCE dont le rapport compression relaxation est efficace. La proportion dans le groupe non guidé était de 33%. Une variation de 20% était tolérée par rapport à la proportion 50/50 recommandée. La différence entre les deux groupes n'était pas significative.

## **5. Seconde étude :**

**Évaluation d'un audioguidage continu par rapport à un audioguidage selon un protocole simplifié d'initiation au MCE**

## **5.1. Objectif principal**

Dans cette seconde étude, il s'agissait d'évaluer l'efficacité du MCE réalisé par un adulte non secouriste sur un mannequin suite à un audioguidage continu par rapport à celle obtenue suite à un audioguidage téléphonique selon un protocole d'initiation simplifié au MCE.

Le MCE était évalué sur une durée de 5 minutes à partir de la première compression.

## **5.2. Objectifs secondaires**

Les objectifs secondaires à cette recherche étaient :

- ✓ D'estimer la proportion de MCE continu effectif après une consigne de MCE continu
- ✓ D'évaluer le nombre total de compressions délivrées
- ✓ D'évaluer l'impact du type d'audioguidage sur l'anxiété des sujets.

## **5.3. Matériel et méthodes**

### **5.3.1. Méthodologie**

Il s'agissait d'une étude de type monocentrique, prospective, randomisée en simple aveugle.

La randomisation était assurée par un tirage au sort au moyen d'enveloppes opaques. Celles-ci étaient préalablement préparées selon une liste de randomisation informatique puis scellées.

Chaque enveloppe contenait un formulaire de consentement, un feuillet d'information sur l'étude en cours et un lieu fictif indiquant au régulateur quel protocole utiliser. Nous avons défini de la manière suivante : école = protocole simplifié ; quai = audioguidage continu.

Etant donné que les participants ne connaissaient pas précisément les critères d'évaluations et que le scénario leur était inconnu au moment de l'inclusion, nous avons considéré que ceux-ci étaient en aveugle. Les informations dont ils disposaient étaient qu'ils participaient un scénario de prise en charge d'une détresse vitale sur mannequin.

Après randomisation, l'observateur responsable du stand de simulation, leur donnait les informations suivantes sur le scénario : lieu de la scène (indiqué dans l'enveloppe de randomisation), l'heure, les circonstances de l'effondrement de la victime et l'absence d'autres témoins à proximité. Un téléphone avec fonction « mains libres » relié à une salle de régulation à distance, leur était confié. Les cinq régulateurs ayant participé à l'étude avaient une activité professionnelle au SAMU et avaient été formés à suivre scrupuleusement les

protocoles d'audioguidage. La régulation se déroulait dans une pièce distincte de celle de simulation. De cette manière, les régulateurs n'avaient aucun contrôle visuel du MCE réalisé par les participants.

### **5.3.2. Paramètre principal**

L'objectif de l'étude étant de déterminer l'efficacité d'une méthode d'incitation au MCE, nous avons retenu comme paramètre principal le taux de succès obtenu par les témoins au terme de chaque simulation.

Le succès était défini dans notre étude par l'association d'une *fréquence moyenne*  $> 100/min$  **ET** d'une *profondeur moyenne*  $> 50 mm$  (ERC 2010).

Ces paramètres quantitatifs étaient recueillis sur un mannequin de type Ambu®CPR et son logiciel Ambu®CPR software durant les 5 minutes du scénario.

### **5.3.3. Paramètres secondaires**

Les paramètres secondaires étudiés recueillis : la proportion de MCE continu, la fréquence moyenne du MCE, la profondeur moyenne des compressions thoraciques, le nombre total de compressions délivrées. Des informations sur la possession d'un téléphone portable, son accessibilité et la connaissance du numéro des secours étaient également colligées.

### **5.3.4. Recueil des données**

Le recueil des données paramétrique du MCE a été réalisé par l'intermédiaire de mannequin Ambu®CPR WLAN et du logiciel AmbuCPR® software.

Les mannequins et leur logiciel étaient étalonnés de manière automatique au début de chaque journée de simulation.

Durant la seconde partie de l'étude, l'enregistrement était débuté à la première compression thoracique. La durée totale de chaque enregistrement était de 5 minutes.

### **5.3.5. Déroulement de la simulation**

Les participants étaient randomisés au début du scénario en deux groupes : « protocole simplifié d'initiation » ou « audioguidage continu ».

La mise en situation et le scénario étaient identiques à ceux de la première simulation, cependant les données issues de la phase diagnostique du protocole n'ont pas été étudiées dans cette partie de l'étude.

Après avoir posé le diagnostic d'AC, le participant était guidé selon le protocole « audioguidage continu » ou selon le « protocole simplifié d'initiation au MCE ».

#### **5.3.5.1. Groupe « audioguidage continu »**

- Tout d'abord, le régulateur débutait par la lecture du protocole d'initiation au MCE. ce protocole comprenait des consignes pour la mise en route du haut-parleur sur le téléphone, des consignes pour l'installation auprès de la victime, la position des mains sur le thorax et des consignes concernant les principes et la réalisation des compressions thoraciques. Celles-ci insistaient sur la profondeur et la relaxation nécessaire, puis sur la nécessité absolue de continuer le MCE sans interruption. Enfin, le rythme de 105/minute était donné à haute voix par le régulateur pendant 20 à 30 secondes lorsque le témoin débutait les compressions thoraciques.
  
- L'audioguidage continu était poursuivi jusqu'à l'arrivée fictive des secours (+5 minutes). Tout au long de la régulation, le médecin se devait d'associer trois types de consignes. Premièrement, il disposait de phrases clefs afin de favoriser la profondeur des compressions et la relaxation du thorax. Deuxièmement il disposait d'un métronome afin de donner à haute voix un rythme de 105/minute au témoin. Enfin, il disposait de phrases de réassurance concernant l'arrivée des secours et le caractère indispensable du MCE continu.

#### **5.3.5.2. Groupe « protocole simplifié d'initiation »**

Les participants inclus dans le groupe protocole simplifié étaient guidés durant les premières minutes de leur massage cardiaque.

- Tout d'abord, le régulateur débutait par la lecture du protocole simplifié d'initiation au MCE. Ce protocole simplifié comprenait des consignes pour la mise en route du haut-parleur sur le téléphone, des consignes pour l'installation auprès de la victime, la position des mains sur le thorax et des consignes concernant les principes et la réalisation des compressions thoraciques. Celles-ci insistaient sur la profondeur et la relaxation nécessaire, puis sur la nécessité absolue de continuer le MCE sans interruption. Enfin, le rythme de 105/minute était donné à haute voix par le régulateur pendant 20 à 30 secondes lorsque le témoin débutait les compressions thoraciques.
- Ensuite, lorsque le MCE était initié le régulateur insistait sur la nécessité absolue de poursuivre les compressions thoraciques sans interruption « le plus fort possible ». Il devait raccrocher avant deux minutes de MCE, laissant ainsi le participant poursuivre le MCE pour une durée totale de 5 minute de MCE continu.

### **5.3.6. Critères d'inclusion**

Les inclusions étaient effectuées lors de journées d'information sur les gestes de premiers secours. Les participants étaient soumis comme premier témoin à un scénario de simulation de prise en charge initiale d'un adulte victime d'un arrêt cardiaque. Le participant était seul et ne disposait que d'un téléphone portable pour prévenir les secours.

Ils étaient volontaires et recrutés dans l'un des deux lieux suivants : société d'assurance, hall de l'hôpital.

A la fin de la simulation les participants étaient invités à un débriefing avec l'équipe de simulation et un psychologue médical.

### **5.3.7. Critères d'exclusion**

Les sujets étaient exclus lorsqu'un des critères suivant était présent : âge <16 ou >75 ans, handicap physique, non maîtrise de la langue française, formation avec diplôme aux premiers secours d'une durée supérieure à 6 heures. De même, Les sujets ayant déjà bénéficié d'une information sur les gestes de premiers secours (inférieure à 6 heures) dans les 6 mois étaient aussi exclus.

### **5.3.8. Consentement**

Les participants étaient invités à donner leur consentement éclairé concernant leur participation à l'étude. Une information écrite sur les objectifs de l'étude leur était délivrée.

### **5.3.9. Statistiques**

L'analyse du critère principal de cette étude utilisait une comparaison unilatérale des proportions de succès d'un MCE réalisé par un volontaire, par le test de Fisher entre, d'une part, le groupe avec audioguidage continu et d'autre part le groupe contrôle (consigne unique). Le risque  $\alpha$  était fixé à 5%.

La profondeur et la fréquence pour chaque participant étaient exprimées en moyenne.

La profondeur et la fréquence par groupe étaient exprimées en médiane en raison des faibles effectifs.

La comparaison des données paramétriques entre les deux groupes étaient effectuée au moyen d'un test de Mann & Whitney.

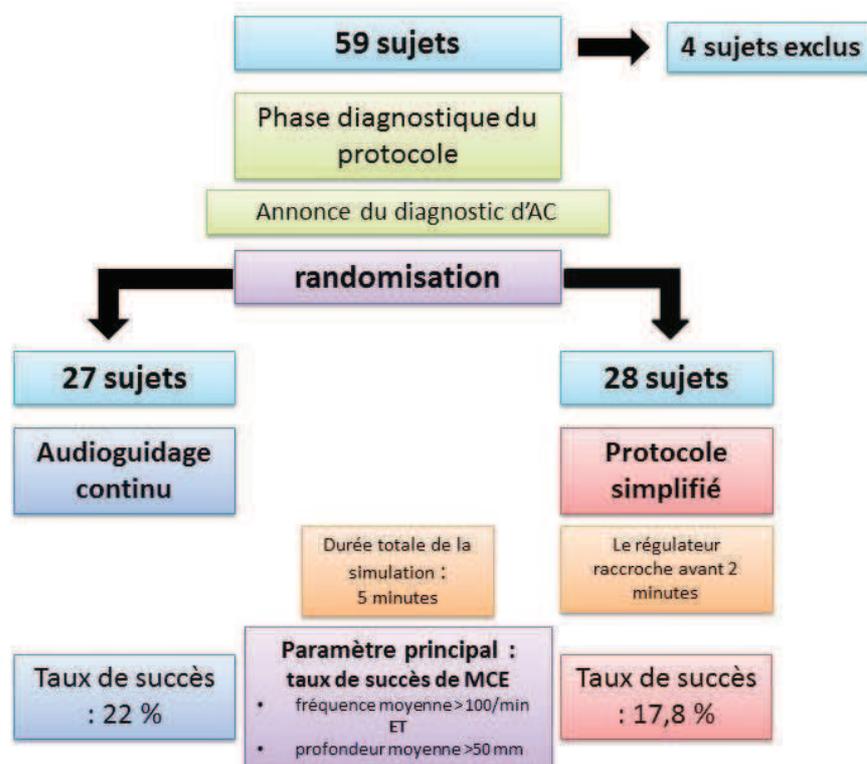
En cas d'arrêt prématuré de la participation au scénario, les sujets étaient exclus de l'étude

## 5.4. Résultats de la seconde étude

59 sujets étaient éligibles à la simulation. 4 étaient exclus en cours de simulation suite à une dysfonction technique d'un mannequin de simulation. Les 55 sujets restant étaient randomisés, 27 ont été inclus dans le groupe « audioguidage continu » et 28 ont été inclus dans le groupe « protocole simplifié ». L'âge moyen des participants est de 27.5 ans (28 ans dans le groupe audioguidage continu et 27 ans dans le groupe protocole simplifié).

Les sujets étaient issus de la population générale fréquentant une entreprise d'assurance, un hôpital ou une bibliothèque. Aucun sujet n'avait reçu de formation antérieure.

Le sexe ratio était de 42% d'hommes dans le groupe protocole simplifié et de 37% d'hommes dans le groupe audioguidage continu. Tous les participants déclarent avoir un téléphone. L'ensemble des participants affirme savoir se servir du haut-parleur de leur téléphone portable.



### 5.4.1. Paramètre principal : taux de succès de MCE continu

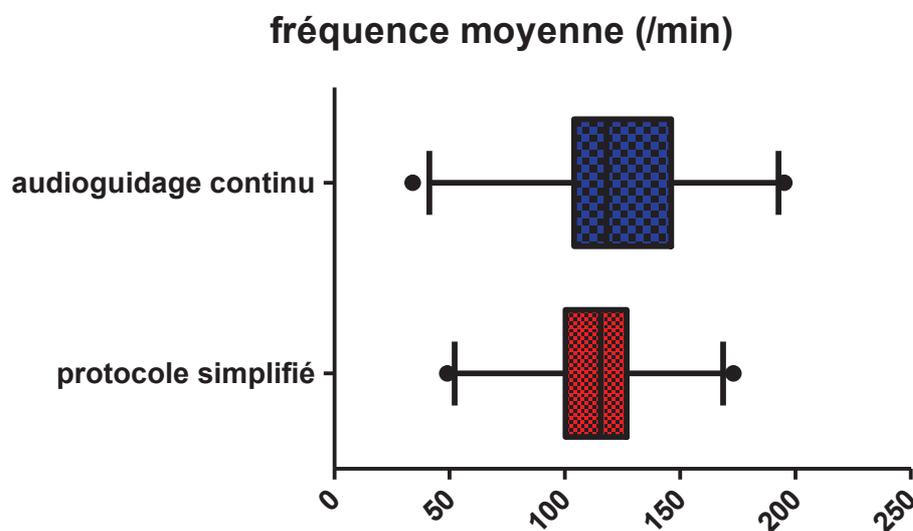
22% (n=6) des sujets audioguidés en continu réalisaient un massage efficace et 17.8% (n=5) des sujets guidés par le protocole simplifié y parvenaient. Il n'existait pas de différence significative entre les taux de succès des deux groupes (p=0,7).

Il y avait moins de sujets réalisant un MCE sans aucun des critères de qualité requis (7%) dans le groupe audioguidé en continu que dans le groupe des sujets guidés par le protocole simplifié (14%).

### 5.4.2. Paramètres secondaires

#### 5.4.2.1. Fréquence et nombre total de compressions thoraciques

La fréquence médiane du MCE était de 115.5/min (+/-20.6) pour un total médian de 560(+/-105) compressions délivrées dans le groupe protocole simplifié et de 118/min (+/-26.9) pour un total médian de 583.5 (+/-152) compressions dans le groupe audioguidé en continu.



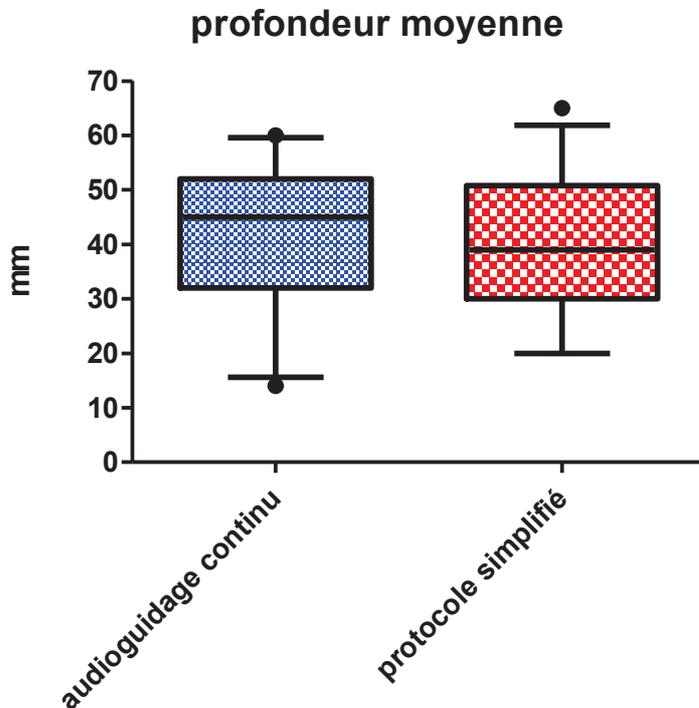
La différence de fréquence médiane obtenue n'était pas différente entre les deux groupes de l'étude (p=0.3).

#### 5.4.2.2. Proportion de MCE continu

97% des sujets du groupe audioguidage continu réalisaient un MCE continu. 100% des sujets du groupe protocole simplifié réalisaient un MCE continu

### 5.4.2.3. Profondeur du MCE

La profondeur médiane des compressions du groupe audioguidé en continu est de 45 mm (+/-9.74) et de 39 mm (+/-10.3) dans le groupe protocole simplifié.



La profondeur du MCE ne montre pas de différence significative entre les deux groupes ( $p=0.25$ ).

### 5.4.2.4. Influence du sexe

La proportion de succès n'est pas différente entre les hommes ( $n=4/10$ ) et les femmes ( $n=2/17$ ) dans le groupe audioguidage continu.

La proportion de succès n'est pas différente entre les hommes ( $n=3/12$ ) et les femmes ( $n=2/16$ ) dans le groupe protocole simplifié.

La proportion de sujets de sexe masculin ayant obtenu une profondeur moyenne  $>50$  mm est significativement supérieure à celle des femmes dans le groupe audioguidage continu ( $p=0.02$ ).

La proportion de sujets masculin ayant obtenu une profondeur moyenne  $>50$  mm est significativement supérieure à celle des sujets féminins dans le groupe protocole simplifié ( $p=0.04$ ).

Il n'existe pas de différence entre les deux groupes concernant la proportion de sujets masculins massant à plus de 50 mm.

#### 5.4.2.5. Anxiété

En comparant les résultats des scores d'anxiété utilisés pour mesurer l'anxiété « état » dans chaque condition à ceux des scores d'anxiété obtenus après chaque simulation nous avons pu observer les résultats suivant :

- A l'état de base, il existait une anxiété équivalente entre les participants de la condition audioguidage continu (39,75) et ceux de la condition protocole simplifié (39,43).
- En comparant les résultats obtenus après simulation, on constatait une prévalence de l'anxiété pour la condition consigne unique (60,67), par rapport à l'audioguidage continu pour lesquels l'anxiété était plus basse (58, 56).

De manière générale, on observait une moyenne supérieure pour l'anxiété « état » dans les deux groupes. Ce qui nous permettait de penser à un effet anxiogène de la simulation sur les sujets.

Il existait parmi les sujets du groupe protocole simplifié une différence de + 21,24 points entre les scores d'anxiété après simulation et avec ceux de l'anxiété « état ». On relevait une différence de + 18,81 pour les sujets du groupe audioguidage continu.

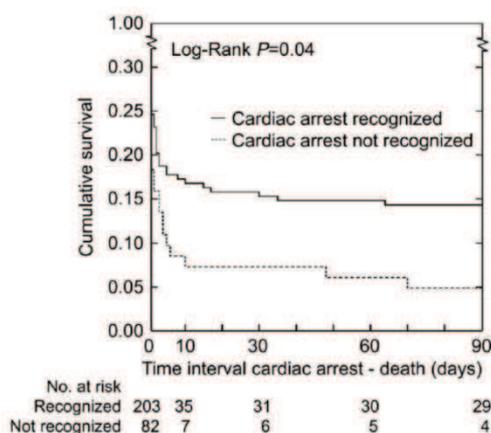
Cependant, la différence d'anxiété n'est pas significative entre les deux groupes.

## 6. Discussion

### 6.1. Intérêt du protocole de régulation

Les protocoles d'aide à la réanimation des détresses vitales se sont développés depuis une dizaine d'années sur le modèle des centres d'appel de secours américains. Ces derniers disposent d'un logiciel d'aide au diagnostic et de protocoles permettant de donner les principales directives en attendant les secours. Leur rôle dans la chaîne de survie est indéniable. Il permet d'augmenter le nombre de RCP débutées avant l'arrivée des secours et de doubler le nombre de survivants (5).

Leur bénéfice est double : d'une part ils améliorent le délai diagnostic en limitant les questions inappropriées (38) et en diminuant la proportion d'AC non reconnus comme le montrent l'équipe de Berdowski et al.(18). Ces auteurs ont évalué la sensibilité diagnostique d'un algorithme de reconnaissance à 71% et une spécificité à 99.3%. La prévalence d'AC non reconnus est de 29 %. D'autre part, comme le montre cette étude la reconnaissance d'un AC permet d'inciter les témoins à une RCP élevant ainsi le taux de survie à 14% contre 5% lorsqu'il n'est pas reconnu. Enfin le principal facteur d'échec à la non-reconnaissance d'un AC est la non-compliance au protocole.



**Figure 2.** Kaplan-Meier survival curve. After 3 months, 5% of the 82 patients with unrecognized cardiac arrest were still alive as opposed to 14% of the 203 patients if the dispatcher recognized the cardiac arrest.

Comme nous l'avons vu précédemment, le taux de RCP entreprise spontanément est faible et, même lorsque les témoins sont formés aux gestes de premiers secours, leurs compétences s'estompent rapidement dans le temps en raison de la complexité de la séquence de RCP alternant ventilation/compressions(61,62). Malheureusement, le traditionnel schéma ABC s'est révélé, au fil des études, difficile à expliquer par téléphone et sa complexité pourrait

limiter l'adhésion et l'efficacité potentielle d'une RCP précoce par un témoin non formé (63,64). Ainsi, les dernières recommandations préconisent l'incitation au MCE continu : « *hand's only CPR* » (13) . Tout d'abord, il serait plus accessible à l'audioguidage et il limiterait l'interruption des compressions thoraciques compromettant moins la perfusion coronaire (48,54). Malgré de récentes campagnes de sensibilisation, ces nouvelles recommandations simplifiées restent méconnues du grand public. En effet, dans notre première étude, le taux de MCE continu réalisé par les témoins était faible (24%) même au décours d'une consigne précise incitant à réaliser le MCE sans interruption. (57% des sujets non audioguidés alternaient ventilations/compressions avec un rapport de 30 :2).

Il est reconnu que réaliser une insufflation correcte lors du bouche à bouche est difficile, comme le montre les résultats de l'étude de Ghuysen & al. qui retrouve 88% de ventilation ineffective chez les sujets non guidés. Ces auteurs retrouvent également une proportion de 60% des sujets non guidés ne réalisant pas spontanément de compressions thoraciques lorsqu'aucune consigne n'était donnée en ce sens. Par contre, ces auteurs ne retrouvent pas de différence significative concernant la profondeur des compressions thoraciques entre les groupes guidés et non guidés (15).

Dans notre seconde étude, la mise en place d'un protocole simplifié a permis de corriger ce défaut de compréhension puisque l'ensemble des participants de ce groupe ont réalisé un MCE continu. Ceci s'explique probablement grâce à l'accompagnement téléphonique durant les premières minutes du MCE et grâce à des consignes plus précises sur le MCE continu.

## **6.2. Taux de RCP**

Une des difficultés du médecin régulateur est d'augmenter le taux de réanimation entreprise par les témoins d'un AC extrahospitalier. En effet, la plupart des études déplorent un taux de 16 à 30% de MCE débuté par les témoins (8,11,12) .Dans le travail de Culley & al., les raisons les plus fréquentes pour lesquelles le régulateur ne guide pas la RCP par téléphone selon le protocole disponible sont notamment le refus (12%), l'arrivée rapide des secours (11%), la présence d'un secouriste sur les lieux (11%), la non utilisation du protocole par le médecin régulateur (9%) (38).

Dans le cadre de la simulation, les taux de compliance semblent supérieurs puisque Ghuysen & al. dénombrent 40% de MCE débutés spontanément (15). En effet, dans notre seconde étude, grâce à des consignes précises par téléphone, l'ensemble des participants de chaque groupe ont réalisé un MCE continu. Dans notre première étude, la simple consigne de

débuter le MCE permet d'obtenir 97% de RCP entreprise. Cependant, en l'absence d'audioguidage, le taux de succès des RCP était extrêmement faible (3%). Ainsi, il ne s'agit pas seulement d'obtenir que les témoins débutent une RCP, il faut encore se donner toutes les chances pour que cette RCP soit de qualité. Or, l'audioguidage qu'il soit continu ou non, semble être un moyen d'augmenter le taux de succès de MCE, la profondeur des compressions et leur fréquence.

Enfin, avec un délai moyen de 120 secondes entre l'appel et la première compression dans notre première étude, l'audioguidage continu selon notre protocole semble compatible avec une prise en charge rapide permettant de minimiser la durée de no-flow. Ce délai est superposable avec ceux retrouvés dans d'autres études évaluant l'audioguidage sur mannequin comme celle de Dorph et al. où il est estimé à 3.4 minutes dans le groupe «hand's only CPR » contre 4.9 minutes dans le groupe « 30 :2 CPR ».

### **6.3. Facteur pouvant améliorer la qualité du MCE**

Dans une étude observationnelle nord-américaine (65) , les auteurs mettent en évidence une corrélation entre la fréquence du MCE et le retour à une circulation spontanée. Il existe une augmentation de chance de retour à une circulation spontanée lorsque la fréquence moyenne des compressions est comprise entre 100 et 126/minute. Par contre, en deçà de 74 compressions délivrées par minutes, le taux de retour à une circulation spontanée chute brutalement. En revanche, après ajustement, le taux de survie dans cette étude (8,6%) n'est pas apparu corrélé au rythme des compressions. Si l'importance de la profondeur sur l'efficacité du massage cardiaque est connue, une analyse de sensibilité montre que celle-ci n'a pas eu d'influence sur le lien entre le rythme et le retour à une circulation spontanée.

A l'inverse, certains auteurs, comme Deakin & al, ont émis l'hypothèse que le comptage à haute voix limiterait la profondeur des compressions aux dépens de la fréquence. (66). Dans notre première étude, 33% des sujets parvenaient à associer les deux (paramètre principal). Par contre, même si la fréquence moyenne était augmentée de manière significative par l'audioguidage, celle obtenue par Ghuyssen et al. (15) dans le groupe guidé non formé est de seulement 59.7/min contre 104/min dans notre étude.

Certains auteurs ont aussi montré qu'une consigne de fréquence sans moyen d'entretien aboutissait à des fréquences moyennes trop faibles (67,68). Pourtant, dans notre seconde étude, la fréquence moyenne est de 118/minute dans le groupe « protocole simplifié ». L'obtention d'une fréquence moyenne adéquate pourrait s'expliquer par l'usage initial du

métronomie par le régulateur et l'accompagnement initial à haute voix pour une vingtaine de compressions. En revanche, rien ne nous permet d'affirmer que de poursuivre cette cadence tout au long de l'audioguidage continu soit nécessaire puisque la différence de fréquence moyenne obtenue n'est pas significative entre les deux groupes. De plus, elle est supérieure à 100/min dans les deux groupes, ce sur 5 minutes de MCE continu.

L'audioguidage continu permet au régulateur de donner le rythme de manière récurrente et d'améliorer la fréquence moyenne du MCE par les témoins comme dans les études Deakin et O'Neill (66,67). Nous avons pu constater que la fréquence obtenue dans les deux groupes de notre seconde étude était équivalente alors seul un des groupe était audioguidé en continu, le premier ne l'étant qu'au début du MCE. Nous pourrions donc penser que la fréquence n'est pas le paramètre qui bénéficie d'une récurrence dans les consignes du protocole d'audioguidage continu. Un autre moyen simple d'obtenir une fréquence adéquate, sans monopoliser le temps de parole du régulateur serait d'utiliser un métronome comme dans les travaux de Merchant & al.(69).

La profondeur est améliorée de manière significative par l'audioguidage continu dans notre première étude (46.2 mm contre 37.4 mm) pourtant, il reste une proportion importante de sujets massant en deçà des objectifs de l'ERC (55% des sujets réalisaient un MCE continu dont la profondeur moyenne était inférieure à 50 mm). Dans notre seconde étude, la proportion de MCE supérieur à 50 mm est de 30% dans le groupe audioguidage continu. Cette différence pourrait s'expliquer par une proportion de volontaires de sexe masculin moins importante dans la seconde étude (37%) par rapport à la première étude (60%). En effet, dans nos deux études, il existait une proportion supérieure de sujets masculin parvenant à masser à plus de 50 mm. Il semblerait que le sexe masculin soit un facteur favorisant la réalisation d'un MCE prolongé dans les objectifs fixés par les recommandations 2010. L'étude de Stiell et al. en 2012,(70) a mis en évidence que plus de la moitié de leurs sujets réalisaient des compressions thoraciques inférieures à 40 mm de profondeur (52.8% < 38 mm) et moins de 8.4% seulement parvenaient à atteindre les objectifs des recommandations 2010 (>50 mm). De plus, les auteurs ont mis en évidence qu'une fréquence élevée diminuait la profondeur moyenne obtenue lors du MCE. Enfin ces auteurs concluaient à une corrélation entre le taux de survie et la profondeur moyenne du MCE sans pour autant pouvoir conclure à une profondeur idéale. Il apparait donc important au vu de ces données de favoriser l'obtention d'une profondeur moyenne élevée lors d'un audioguidage.

Par contre, concernant le taux de succès, si notre première étude pouvait nous faire supposer que les sujets masculins étaient plus à même de parvenir à un obtenir un MCE avec

une profondeur et une fréquence suffisantes, ceci n'est pas confirmé par la seconde étude quel que soit le protocole utilisé. Cette différence n'était pas retrouvée dans la seconde partie de l'étude probablement à cause d'un effectif insuffisant.

Enfin, l'amélioration des performances globales des témoins pourrait être favorisée par le phénomène de réassurance généré par la continuité du contact téléphonique avec le régulateur jusqu'à l'arrivée des secours. Plusieurs études (51,71,72) mettent en avant l'intérêt de ce feedback sur les gestes entrepris comme facteur d'amélioration du MCE. Dans notre première étude, le taux de succès est en faveur de l'audioguidage continu. Cependant dans notre seconde étude, même si le taux de succès est supérieur dans le groupe audioguidage continu, la différence avec un audioguidage selon un protocole simplifié n'est pas significative. Plusieurs hypothèses pourraient expliquer cette absence de différence. Tout d'abord, nous pourrions évoquer un manque de puissance de l'étude en raison d'un taux de succès supérieur dans le groupe protocole simplifié par rapport au groupe consigne unique de la première étude. Ce biais a été pris en compte dans la conception de notre prochain travail de recherche. Nous pouvons aussi évoquer une équivalence entre l'audioguidage continu et l'audioguidage simplifié.

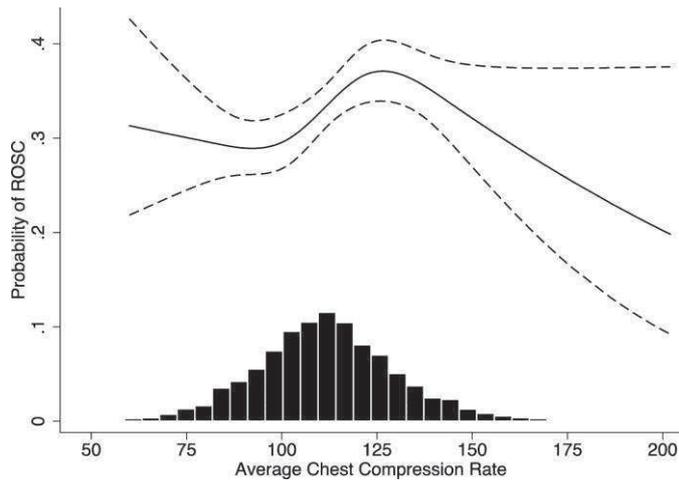
En effet, comme le montre le travail de Dias et al, un nombre de consignes trop important pourrait limiter les performances du témoin. Ces auteurs ont en effet comparé sur mannequin, un audioguidage continu selon un protocole d'initiation exhaustif à un protocole simplifié d'initiation au MCE continu. Les taux de succès obtenus par le protocole simplifié sont meilleurs, notamment concernant la profondeur et la relaxation. Dans cette étude, la proportion de sujets massant à plus de 50 mm est de 30% dans le groupe protocole simplifié. Cette proportion est significativement supérieure à celle de l'autre groupe (3% de succès). Dans cette étude, le régulateur ne poursuivait pas les instructions tout au long de la RCP mais restait en ligne pour répondre à d'éventuelles questions (73).

#### **6.4. Facteurs pouvant limiter la qualité des compressions thoraciques**

Les facteurs pouvant limiter la qualité du MCE sont nombreux. D'un point de vue ergonomique, l'usage du téléphone pourrait constituer un handicap (74) mais l'emploi de la fonction haut-parleur permet de réduire la gêne occasionnée lors de l'audioguidage (66). D'autres auteurs, comme Todd B. Brown & al. (74) ne retiennent pas cette hypothèse.

La fatigue liée au MCE continu est un autre facteur pouvant limiter la qualité des compressions thoraciques. Le risque est une diminution plus importante de la qualité des compressions thoracique au-delà de 2 à 3 minutes lors d'un MCE continu par rapport à un MCE alternant avec des temps de ventilation (75–77). L'accès au téléphone est aussi un facteur limitant lorsque celui-ci n'est pas portable.(67)

Une étude de Stiell et al. met en évidence un effet délétère des fréquences de MCE>120/min sur la profondeur moyenne des compressions thoraciques.(78)



De même, l'étude d'Idris et al. a observé une baisse significative du retour à une circulation spontané lorsque la fréquence du MCE était supérieure à 125/minute ( $p=0.012$ ). (65)

Nous pourrions alors imaginer un moyen qui permettrait au régulateur d'obtenir en temps réel un feed back sur le MCE en cours d'audioguidage afin de limiter le nombre de sujets dont le MCE effectif est à une fréquence trop élevée. Ce, dans l'hypothèse que la correction de leur fréquence, permettrait de gagner en profondeur. Encourager un décompte de ses compressions à haute voix, à intervalles réguliers, par le témoin serait un moyen pour le régulateur de réagir et d'ajuster le MCE obtenu à ses objectifs.

Enfin, l'interlocuteur peut être dans des conditions psychologiques limitant l'efficacité de la RCP audioguidée en raison d'un lien de parenté avec la victime, du stress et de la peur d'aggraver les choses ce qui constitue des facteurs de mauvais pronostic concernant la qualité de la RCP (9,10,79). L'âge peut également être un facteur limitant en raison d'une moindre force physique, ce d'autant que la fatigue accentue la perte d'efficacité des compressions dès 2 minutes de MCE continu. Le relai, lorsqu'il est possible, entre deux témoins est un moyen de pallier à cet épuisement.

De plus, comme pourrait le présupposer l'étude de Dias et al. (73) mais aussi les résultats de notre seconde étude, la simplification des protocoles d'audioguidage pourrait améliorer les performances des sujets en limitant la distraction par l'apport d'un grand nombre de

consignes. En ce sens, un audioguidage continu avec un nombre limité de consignes pourrait être supérieur à un audioguidage alternant de nombreuses consignes différentes.

Par ailleurs, l'utilisation de consignes simples ne semble pas altérer la qualité des compressions thoraciques, cependant, les auteurs n'ont pas évalué l'association fréquence >100/minute et profondeur >50 millimètres.

## **6.5. Anxiété**

Le stress peut être reproduit par les conditions de simulation comme l'on montré de nombreux travaux (80) notamment lorsque les participants se trouvent face à une situation d'urgence dont ils ont la charge (81,82). Une approche psychologique plus poussée, au terme des séances de simulation lors d'une prochaine étude pourrait permettre d'évaluer l'impact de chaque type d'audioguidage sur une échelle de confiance, afin de déterminer lequel serait le plus bénéfique. Ce, dans l'hypothèse qu'une diminution de l'anxiété permettrait une amélioration des performances du témoin.

Dans la seconde partie de notre étude, nous avons montré qu'un audioguidage continu pourrait limiter en partie l'anxiété générée par le scénario. Ceci reste à confirmer au moyen d'outils plus adaptés. Cependant, seule une étude réalisée par une équipe spécialisée, sur le terrain ou au décours d'un AC, pourrait permettre de conclure.

## **6.6. Limites**

Certaines caractéristiques de notre travail limitent la portée pratique des résultats observés. Concernant la capacité du témoin à réaliser un MCE, il est à noter que : l'âge moyen des sujets de notre étude est de 25 ans et que le mannequin se trouve déjà au sol alors que sur le terrain, plus de 20 % des RCP ne sont pas débutées car le témoin ne parvient pas à mobiliser la victime jusque sur le sol (67).

Malheureusement, une proportion non négligeable des AC extrahospitaliers ne sont pas massés car les témoins sont trop âgés et ne peuvent pas mobiliser la victime afin de débiter les compressions thoraciques. Ainsi le délai avant la première compression est ici réduit de par l'accessibilité immédiate à la victime (mannequin).

De plus, les sujets de cette étude sont des volontaires et donc d'une compliance probablement supérieure à celle de la population générale. Par ailleurs, les sujets, compte tenu de leur âge, possèdent probablement une meilleure connaissance du maniement des téléphones mobiles (haut-parleur ; numéro d'urgence pré enregistré) que les sujets peu âgés.

L'audioguidage continu tel qu'il est réalisé actuellement au sein du SAMU 76 présente un inconvénient pratique, lorsque le médecin est appelé à réguler une autre situation d'urgence. En effet, l'audioguidage continu immobilise ce médecin pendant une durée prolongée. A l'issue de la seconde étude, nous pouvons estimer que si le médecin est amené à couper la communication, le témoin se retrouvera alors dans une situation équivalente à celle des sujets du groupe « protocole simplifié ». Or, au terme de cette seconde étude, le taux de succès de cet audioguidage initial ne semble pas inférieur à l'audioguidage continu, à ceci près que l'anxiété générée par une victime est supérieure à celle générée par une simulation sur mannequin. Ainsi l'audioguidage continu devrait rester la méthode de première intention lorsque le médecin régulateur est disponible.

L'audioguidage continu par le médecin régulateur est aussi une méthode soumise à la variabilité interindividuelle et à l'investissement de chacun. En effet si le médecin n'est pas formé à suivre l'audioguidage ou s'il n'utilise pas de métronome, l'efficacité du MCE pourrait être réduite. Comme dans la phase diagnostique(18), nous pourrions supposer que l'absence de suivi du protocole développé pourrait conduire à un moindre succès de l'audioguidage.

## **6.7. Perspectives de recherche**

L'ensemble de ces travaux nous a servis de base afin de constituer une étude prospective monocentrique de plus grande envergure dont le but sera de comparer deux méthodes d'audioguidage continu à un audioguidage par protocole simplifié avec une puissance nécessaire pour tenter de mettre en évidence une éventuelle différence entre ces techniques.

Sur la base de cette discussion, une seconde méthode d'audioguidage continu a été développée au sein de notre équipe afin de pouvoir libérer le médecin régulateur en cas d'urgence ou lorsque celui-ci n'est pas disponible. Une bande préenregistrée d'audioguidage associant différentes consignes sur le MCE continu et un métronome à 105/minutes sera donc comparée aux deux protocoles d'audioguidage déjà développés pour ce travail.

Par ailleurs, le choix des consignes à utiliser dans nos protocoles pourrait faire l'objet d'une étude sémantique afin de déterminer si certaines formulations sont plus facilement accessibles au plus grand nombre que d'autres, ce dans un but de simplification des protocoles. Enfin, une évaluation de l'audioguidage dans d'autres situations d'urgence est aussi en cours de développement au sein de notre équipe.

Dans un travail multicentrique nord-américain, la présence d'un témoin au moment de l'arrêt cardiaque, celle d'une équipe médicale, l'âge, la nature du rythme cardiaque et le fait de faire un arrêt cardiaque dans un lieu public avaient davantage d'effets sur la survie que le rythme du massage (65). Cependant dans cette étude, 75% des sauveteurs spécialisés ont réalisé les compressions à un rythme supérieur à 100 par minute, et un tiers à un rythme supérieur à 120 par minute, alors qu'un rythme d'environ 100 par minute était recommandé en 2005, à une profondeur de 4 à 5 cm. De plus, des différences significatives ont été observées d'un site d'étude à l'autre. Un constat similaire est apparu au terme de notre première étude puisque les participants du groupe non guidés avaient un taux de succès extrêmement faible (3%). Ceci montre la différence qui existe encore entre les recommandations et leur application en pratique même chez les professionnels travaillant dans le domaine de la médecine d'Urgence. Une dès lors on peut se poser la question de l'intérêt d'étendre l'audioguidage aux secouristes et favoriser la diffusion de pratiques faciles à appliquer et réduisant les défauts de mémorisation

## 7. Conclusion

L'initiation d'un massage cardiaque précoce et efficace par les premiers témoins d'un AC est l'un des messages clés des recommandations de 2010. Afin de pallier au manque de formations aux gestes de premiers secours et à la difficulté pour les témoins de faire le diagnostic et de débiter le MCE, le rôle du régulateur médical semble fondamental. Notre travail a montré que l'apport de l'audioguidage continu a permis d'augmenter significativement le succès des RCP entreprises de près de 20%.

Cependant, la principale limite à la généralisation de l'audioguidage continu est la mobilisation du régulateur médical jusqu'à l'arrivée effective des secours spécialisés auprès de la victime. Des alternatives semblent possibles puisque notre seconde étude ne retrouve pas de différence significative entre un audioguidage continu et une initiation du MCE via un protocole simplifié. Dans l'attente de résultats issus d'une étude de plus grande envergure, il apparait possible en cas de disponibilité limitée du médecin régulateur d'utiliser un tel protocole d'audioguidage pour initier un MCE continu de qualité suffisante afin d'augmenter les chances de succès d'une défibrillation lorsque celle-ci devient disponible. L'hypothèse d'un audioguidage préenregistré sur une bande audio pourrait alors être séduisante et fait l'objet actuellement d'un travail de recherche au sein de notre département médical au terme de du travail de recherche présenté dans cette thèse.

# Documents annexes

## Protocole d'audio guidage continu par le régulateur

### 1. Recueil des renseignements de l'appelant :

Numéro d'inclusion

Age :        Sexe :

Lieu fictif écrit dans l'enveloppe de randomisation : Quai ? (confirme le protocole)

### 2. Phase diagnostique : « Activez le haut-parleur du téléphone »

Evaluation de la conscience :

- La victime bouge-t-elle ? Réagit-elle quand vous la pincez fort ?

Evaluation de la respiration : « *placez une main sous le menton puis tirez le fort vers le haut, maintenez cette position et observer le thorax* »

- La victime respire-t-elle ?

Une fois que le volontaire a mis en évidence l'absence de conscience ET de ventilation spontanée, annoncez le diagnostic d'arrêt cardiaque :

« *Vous êtes en présence d'un homme en arrêt cardiaque. Nous déclenchons les secours. Nous allons vous guider afin de réaliser le massage cardiaque jusqu'à leur arrivée* ».

### 3. Consignes téléphoniques à fournir afin d'aider à l'initiation du MCE

#### **Les consignes doivent être lues dans leur intégralité**

« *Vous allez devoir débiter un massage cardiaque* »

« *Je vais vous guider* »

« *Mettez-vous à genoux à côté de la victime, le long de son torse* »

« *Placez vos mains superposées sur le milieu de la poitrine du patient, entre les pectoraux* »

« *Appuyez le plus fort possible les bras tendus, avec le poids de votre corps* »

« *Relâchez complètement puis recommencer une nouvelle compression* »

#### **4. Audioguidage continu jusqu'à l'arrivée des secours.**

Le régulateur doit alterner tout au long des 5 minutes :

##### **1) Consignes visant à entretenir une fréquence >100/minute**

*« Appuyez à chaque fois que je compte »*

Faire le métronome -105/Minute (Suivre le métronome disponible en régulation pour guider le secouriste)

*« Continuer les compressions en suivant mon rythme »*

##### **2) Consignes visant à améliorer la profondeur des compressions**

*« Surtout, vos compressions doivent être brèves mais très profondes ! Vous devez pomper à la place du cœur !*

*« Relâchez complètement la pression entre chaque compression »*

*« Continuez à masser pendant les instructions, ne vous arrêtez pas »*

*« Comprimer d'au moins 5 cm »*

*« Appuyer de toutes vos forces »*

*« Gardez bien les bras tendus »*

*« Relâchez bien la pression avant de ré-appuyer »*

##### **3) Consignes visant à encourager le témoin et limiter son épuisement.**

*« Ne vous arrêtez jamais de masser, vous ne risquez pas d'aggraver les choses »*

*« Les secours sont en route ils ne devraient plus tarder »*

*« Ne vous arrêtez que si quelqu'un peut continuer le massage à votre place »*

*« Continuez le massage »*

*« Quoiqu'il arrive continuez à masser jusqu'à l'arrivée des secours. »*

*« Ne vous arrêtez pas, votre massage peut lui sauver la vie »*

*« Si les secours ne sont pas encore là continuez le massage »*

#### **5. Ne raccrochez le téléphone que lorsque les secours sont arrivés (fin de la simulation)**

# Protocole simplifié d'incitation au MCE continu

## 1. Recueil des renseignements de l'appelant :

Numéro d'inclusion

Age :        Sexe :

Lieu fictif écrit dans l'enveloppe de randomisation : Ecole ? (confirme le protocole)

## 2. Phase diagnostique : « Activez le haut-parleur du téléphone »

Evaluation de la conscience :

○ *La victime bouge-t-elle ? Réagit-elle quand vous la pincez fort ?*

Evaluation de la respiration : *« placez une main sous le menton puis tirez le fort vers le haut, maintenez cette position et observer le thorax » 10 secondes*

○ *La victime respire-t-elle ?*

Une fois que le volontaire a mis en évidence l'absence de conscience ET de ventilation spontanée, annoncez le diagnostic d'arrêt cardiaque :

*« Vous êtes en présence d'un homme en arrêt cardiaque. Nous déclenchons les secours. Nous allons vous guider afin de réaliser le massage cardiaque jusqu'à leur arrivée ».*

## 3. Consignes téléphoniques à fournir afin d'aider à l'initiation du MCE par le témoin.

**Les consignes doivent être lues dans leur intégralité.**

*« Vous allez devoir débiter un massage cardiaque » « Je vais vous guider »*

*« Mettez-vous à genoux à côté de la victime, le long de son torse »*

*« Placez vos mains superposées sur le milieu de la poitrine du patient, entre les pectoraux »*

*« Appuyez le plus fort possible les bras tendus, avec le poids de votre corps »*

*« Relâchez complètement puis recommencer une nouvelle compression »*

*« Continuer les compressions en suivant mon rythme »*

- faire le métronome -105/Minute pendant 10 secondes (suivre le métronome disponible en régulation)

*"Ne vous arrêtez pas jusqu'à ce que les secours arrivent"*

*« Continuer les compressions de toute vos forces »*

## 4. Raccrochez le téléphone avant 2 minutes

## Bibliographie

1. *Ferrière J, Avelier D et al.* Épidémiologie de la mort subite coronaire en France. *Arch Mal Cœur* 1997;90:483-7
2. *Nicolas G, Lecomte D* La mort subite d'origine cardiaque. *Épidémiologie. Bull Acad Natl Med* 1999;183:1573-80
3. *Goldstein P.* L'arrêt cardiaque en 2002. Une nouvelle course contre les morts évitables. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation.* 2002 juill;21(7):547-9.
4. *Jost D, Degrange H, Verret C, Hersan O, Banville IL, Chapman FW, et al.* DEFI 2005. *Circulation.* 2010 avr 13;121(14):1614 -1622.
5. *Rea TD, Eisenberg MS, Culley LL, Becker L.* Dispatcher-Assisted Cardiopulmonary Resuscitation and Survival in Cardiac Arrest. *Circulation.* 2001 nov 20;104(21):2513 -2516.
6. *Sekimoto M, Noguchi Y, Rahman M, Hira K, Fukui M, Enzan K, et al.* Estimating the effect of bystander-initiated cardiopulmonary resuscitation in Japan. *Resuscitation.* 2001 août 1;50(2):153-60.
7. *Benditt DG, Goldstein M, Sutton R, Yannopoulos D.* Dispatcher-Directed Bystander Initiated Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation.* décembre January 5;121(1):10 -13.
8. *Stiell I, Nichol G, Wells G, De Maio V, Nesbitt L, Blackburn J, et al.* Health-Related Quality of Life Is Better for Cardiac Arrest Survivors Who Received Citizen Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation.* 2003 oct 21;108(16):1939 -1944.
9. *Waalewijn RA, Tijssen JG., Koster RW.* Bystander initiated actions in out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: results from the Amsterdam Resuscitation Study (ARRESUST). *Resuscitation.* 2001 sept 1;50(3):273-9.
10. *Casper K, Murphy G, Weinstein C, Brinsfield K.* A comparison of cardiopulmonary resuscitation rates of strangers versus known bystanders. *Prehosp Emerg Care* 2003;7:299—302
11. *Leung LP, Wong TW, Tong HK, Lo CB, Kan PG.* Out-of hospital cardiac arrest in Hong Kong. *Prehosp Emerg Care* 2001;5:308—11
12. *Woollard M, Smith A, Whitfield R, Chamberlain D, West R, Newcombe R, et al.* To blow or not to blow: a randomised controlled trial of compression-only and standard telephone CPR instructions in simulated cardiac arrest. *Resuscitation.* 2003 oct;59(1):123-31.
13. *Nolan JP, Soar J, Zideman DA, Biarent D, Bossaert LL, Deakin C, et al.* European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation.* 2010 oct 1;81(10):1219-76.
14. *Bohm K, Vaillancourt C, Charette ML, Dunford J, Castrén M.* In patients with out-of-hospital cardiac arrest, does the provision of dispatch cardiopulmonary resuscitation instructions as opposed to no instructions improve outcome: A systematic review of the literature. *Resuscitation.* 2011 déc 1;82(12):1490-5.

15. *Ghuysen A, Collas D, Stipulante S, Donneau A-F, Hartstein G, Hosmans T, et al.* Dispatcher-assisted telephone cardiopulmonary resuscitation using a French-language compression-only protocol in volunteers with or without prior life support training: A randomized trial. *Resuscitation*. 2011 janv 1;82(1):57-63.
16. *Atwood C, Eisenberg MS, Herlitz J, Rea TD.* Incidence of EMS-treated out-of-hospital cardiac arrest in Europe. *Resuscitation*. 2005 oct 1;67(1):75-80.
17. *Nichol G, Thomas E, Callaway CW, et al.* Regional Variation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest Incidence and Outcome. *JAMA*. 2008;300(12):1423-1431. doi:10.1001/jama.300.12.1423
18. *Berdowski J, Beekhuis F, Zwinderman AH, Tijssen JGP, Koster RW.* Importance of the First Link. *Circulation*. 2009 avr 21;119(15):2096-102.
19. *Väyrynen T, Boyd J, Sorsa M, Määttä T, Kuisma M.* Long-term changes in the incidence of out-of-hospital ventricular fibrillation. *Resuscitation*. 2011 juill;82(7):825-9.
20. *Youngquist ST, Kaji AH, Niemann JT.* Beta-blocker use and the changing epidemiology of out-of-hospital cardiac arrest rhythms. *Resuscitation*. 2008 mars;76(3):376-80.
21. *Bunch TJ, White RD, Friedman PA, Kottke TE, Wu LA, Packer DL.* Trends in treated ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest: A 17-year population-based study. *Heart Rhythm*. 2004 sept;1(3):255-9.
22. *Bunch TJ, White RD.* Trends in treated ventricular fibrillation in out-of-hospital cardiac arrest: Ischemic compared to non-ischemic heart disease. *Resuscitation*. 2005 oct;67(1):51-4.
23. *Adielsson A, Hollenberg J, Karlsson T, Lindqvist J, Lundin S, Silfverstolpe J, et al.* Increase in survival and bystander CPR in out-of-hospital shockable arrhythmia: bystander CPR and female gender are predictors of improved outcome. Experiences from Sweden in an 18-year perspective. *Heart*. 2011 sept 1;97(17):1391-6.
24. *Iwami T, Hiraide A, Nakanishi N, Hayashi Y, Nishiuchi T, Uejima T, et al.* Outcome and characteristics of out-of-hospital cardiac arrest according to location of arrest: A report from a large-scale, population-based study in Osaka, Japan. *Resuscitation*. 2006 mai;69(2):221-8.
25. *Müller D, Agrawal R, Arntz H-R.* How Sudden Is Sudden Cardiac Death? *Circulation*. 2006 sept 12;114(11):1146-50.
26. *Bahr J, Klingler H, Panzer W, Rode H, Kettler D.* Skills of lay people in checking the carotid pulse. *Resuscitation*. 1997 août 1;35(1):23-6.
27. *Bång A, Herlitz J, Martinell S.* Interaction between emergency medical dispatcher and caller in suspected out-of-hospital cardiac arrest calls with focus on agonal breathing. A review of 100 tape recordings of true cardiac arrest cases. *Resuscitation*. 2003 janv;56(1):25-34.
28. *Ruppert M, Reith MW, Widmann JH, et al.* Checking for breathing: evaluation of the diagnostic capability of emergency medical services personnel, physicians, medical students, and medical laypersons. *Ann Emerg Med* 1999;34:720-9.
29. *Perkins GD, Stephenson B, Hulme J, Monsieurs KG.* Birmingham assessment of breathing study (BABS). *Resuscitation*. 2005 janv;64(1):109-13.

30. *Bobrow BJ, Zuercher M, Ewy GA, Clark L, Chikani V, Donahue D, et al.* Gasping During Cardiac Arrest in Humans Is Frequent and Associated With Improved Survival / CLINICAL PERSPECTIVE. *Circulation*. 2008 déc 9;118(24):2550-4.
31. *Bohm K, Rosenqvist M, Hollenberg J, et al.* Dispatcher-assisted telephone-guided cardiopulmonary resuscitation: an underused lifesaving system. *Eur J Emerg Med* 2007;14:256–9.
32. *White L, Rogers J, Bloomingdale M, Fahrenbruch C, Culley L, Subido C, et al.* Dispatcher-Assisted Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation*. 2010 janv 5;121(1):91-7.
33. *Valenzuela TD, Roe DJ, Cretin S, Spaite DW, Larsen MP.* Estimating Effectiveness of Cardiac Arrest Interventions. *Circulation*. 1997 nov 18;96(10):3308 -3313.
34. *Holmberg M, Holmberg S, Herlitz for the Swedish Cardiac Arrest Registry J.* Factors modifying the effect of bystander cardiopulmonary resuscitation on survival in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *European Heart Journal*. 2001 mars 1;22(6):511 -519.
35. *Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J, Gårdelöv B.* Survival after cardiac arrest outside hospital in Sweden. *Resuscitation*. 1998 janv;36(1):29-36.
36. *Waalewijn RA, de Vos R, Tijssen JGP, Koster RW.* Survival models for out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation from the perspectives of the bystander, the first responder, and the paramedic. *Resuscitation*. 2001 nov;51(2):113-22.
37. *Eisenberg MS, Cummins RO, Litwin P, Hallstrom AP, Hearne T.* Dispatcher cardiopulmonary resuscitation instruction via telephone. *Crit. Care Med*. 1985 nov;13(11):923-4..
38. *Culley LL, Clark JJ, Eisenberg MS, Larsen MP.* Dispatcher-assisted telephone CPR: Common delays and time standards for delivery. *Annals of Emergency Medicine*. 1991 avr;20(4):362-6.
39. [Management of sudden death in a semi-r... [Arch Mal Coeur Vaiss. 2007] - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 2012 sept 27]. Available de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18033014>
40. *Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S, Kudenchuk P, Hostler D, Powell J, et al.* Chest Compression Fraction Determines Survival in Patients With Out-of-Hospital Ventricular Fibrillation. *Circulation*. 2009 sept 29;120(13):1241-7.
41. *Weisfeldt ML, Sitlani CM, Ornato JP, Rea T, Aufderheide TP, Davis D, et al.* Survival After Application of Automatic External Defibrillators Before Arrival of the Emergency Medical System: Evaluation in the Resuscitation Outcomes Consortium Population of 21 Million. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010 avr 20;55(16):1713-20.
42. *van Alem AP, Vrenken RH, de Vos R, Tijssen JGP, Koster RW.* Use of automated external defibrillator by first responders in out of hospital cardiac arrest: prospective controlled trial. *BMJ*. 2003 déc 6;327(7427):1312.
43. *Valenzuela TD, Roe DJ, Nichol G, Clark LL, Spaite DW, Hardman RG.* Outcomes of Rapid Defibrillation by Security Officers after Cardiac Arrest in Casinos. *N Engl J Med*. 2000 oct 26;343(17):1206-9.
44. *Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker G.* CLOSED-CHEST CARDIAC MASSAGE. *JAMA*. 1960;173(10):1064-1067

45. *Hackl W, Simon P, Mauritz W, Steinbereithner K.* Echocardiographic Assessment of Mitral Valve Function During Mechanical Cardiopulmonary Resuscitation in Pigs. *Anesthesia & Analgesia.* 1990 avr;70(4):350 -356.
46. *Mechanical ventilation may not be essential for initial CPR* [Chest. 1995] - <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gate2.inist.fr/pubmed/7656640>
47. *Becker LB, Berg RA, Pepe PE, Idris AH, Aufderheide TP, Barnes TA, et al.* A Reappraisal of Mouth-to-Mouth Ventilation During Bystander-Initiated Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation.* 1997 sept 16;96(6):2102 -2112.
48. *Yu T, Weil MH, Tang W, Sun S, Klouche K, Povoas H, et al.* Adverse Outcomes of Interrupted Precordial Compression During Automated Defibrillation. *Circulation.* 2002 juill 16;106(3):368 - 372.
49. *VIRKKUNEN I, KUJALA S, RYNNÄNEN S, VUORI A, PETTILÄ V, YLI-HANKALA A, et al.* Bystander mouth-to-mouth ventilation and regurgitation during cardiopulmonary resuscitation. *Journal of Internal Medicine.* 2006;260(1):39-42.
50. *Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, Berg RA, Berg MD, Berg DD, et al.* Interruptions of Chest Compressions During Emergency Medical Systems Resuscitation. *Circulation.* 2005 août 30;112(9):1259 -1265.
51. *Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, et al.* Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293: 299–304
52. *Paal P, Falk M, Sumann G, Demetz F, Beikircher W, Gruber E, et al.* Comparison of mouth-to-mouth, mouth-to-mask and mouth-to-face-shield ventilation by lay persons. *Resuscitation.* 2006 juill;70(1):117-23.
53. *Assar D, Chamberlain D, Colquhoun M, Donnelly P, Handley AJ, Leaves S, et al.* Randomised controlled trials of staged teaching for basic life support: 1. Skill acquisition at bronze stage. *Resuscitation.* 2000 juin;45(1):7-15.
54. *Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Sanders AB, Ewy GA.* Importance of Continuous Chest Compressions During Cardiopulmonary Resuscitation. *Circulation.* 2002 févr 5;105(5):645 -649.
55. *Iwami T, Kawamura T, Hiraide A, Berg RA, Hayashi Y, Nishiuchi T, et al.* Effectiveness of Bystander-Initiated Cardiac-Only Resuscitation for Patients With Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation.* December 18;116(25):2900 -2907.
56. *Abe T, Tokuda Y, Ishimatsu S.* Predictors for good cerebral performance among adult survivors of out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2009 avr;80(4):431-6.
57. *Trowbridge C, Parekh J, Ricard M, Potts J, Patrickson WC, Cason C.* A randomized cross-over study of the quality of cardiopulmonary resuscitation among females performing 30:2 and hands-only cardiopulmonary resuscitation. *BMC Nursing.* 2009;8(1):6.
58. *Turner I, Turner S, Armstrong V.* Does the compression to ventilation ratio affect the quality of CPR: a simulation study. *Resuscitation.* 2002 janv;52(1):55-62.

59. *Dami F, Fuchs V, Praz L, Vader J-P.* Introducing systematic dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation (telephone-CPR) in a non-Advanced Medical Priority Dispatch System (AMPDS): Implementation process and costs. *Resuscitation.* 2010 juill;81(7):848-52.
60. *Hauff SR, Rea TD, Culley LL, Kerry F, Becker L, Eisenberg MS.* Factors impeding dispatcher-assisted telephone cardiopulmonary resuscitation. *Annals of Emergency Medicine.* 2003 déc;42(6):731-7.
61. *Mahony PH, Griffiths RF, Larsen P, Powell D.* Retention of knowledge and skills in first aid and resuscitation by airline cabin crew. *Resuscitation.* 2008 mars;76(3):413-8.
62. *Woollard M, Whitfeild R, Smith A, Colquhoun M, Newcombe RG, Vetteer N, et al.* Skill acquisition and retention in automated external defibrillator (AED) use and CPR by lay responders: a prospective study. *Resuscitation.* 2004 janv;60(1):17-28
63. *Williams JG, Brice JH, De Maio VJ, Jalbuena T.* A Simulation Trial of Traditional Dispatcher-Assisted CPR Versus Compressions—Only Dispatcher-Assisted CPR. *Prehosp Emerg Care.* 2006 janv 1;10(2):247-53.
64. *Dorph E, Wik L, Steen P.* Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation. An evaluation of efficacy amongst elderly. *Resuscitation.* 2003 mars;56(3):265-73.
65. *Idris AH, Guffey D, Aufderheide TP, Brown S, Morrison LJ, Nichols P, et al.* Relationship Between Chest Compression Rates and Outcomes From Cardiac Arrest / Clinical Perspective. *Circulation.* 2012 juin 19;125(24):3004 -3012.
66. *Deakin CD, Cheung S, Petley GW, Clewlow F.* Assessment of the quality of cardiopulmonary resuscitation following modification of a standard telephone-directed protocol. *Resuscitation.* 2007 mars 1;72(3):436-43.
67. *O'Neill JF, Deakin CD.* Evaluation of telephone CPR advice for adult cardiac arrest patients. *Resuscitation.* 2007 juill;74(1):63-7.
68. *Cheung S, Deakin CD, Hsu R, Petley GW, Clewlow F.* A prospective manikin-based observational study of telephone-directed cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2007 mars;72(3):425-35.
69. *Merchant RM, Abella BS, Abotsi EJ, Smith TM, Long JA, Trudeau ME, et al.* Cell Phone Cardiopulmonary Resuscitation: Audio Instructions When Needed by Lay Rescuers: A Randomized, Controlled Trial. *Annals of Emergency Medicine.* 2010 juin;55(6):538-543.e1.
70. *Stiell IG, Brown SP, Christenson J, Cheskes S, Nichol G, Powell J, et al.* What is the role of chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation?. *Critical Care Medicine* 2012;40(4).
71. *Kramer-Johansen J, Myklebust H, Wik L, Fellows B, Svensson L, Sorebo H, et al.* Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: a prospective interventional study. *Resuscitation.* 2006;71:283 - 292.
72. *Abella BS, Edelson DP, Kim S, Retzer E, Myklebust H, Barry AM, et al.* CPR quality improvement during in-hospital cardiac arrest using a real-time audiovisual feedback system. *Resuscitation.* 2007 avr;73(1):54-61.

73. *Dias JA, Brown TB, Saini D, Shah RC, Cofield SS, Waterbor JW, et al.* Simplified dispatch-assisted CPR instructions outperform standard protocol. *Resuscitation*. 2007 janv;72(1):108-14.
74. *Brown TB, Saini D, Pepper T, Mirza M, Nandigam HK, Kaza N, et al.* Instructions to « put the phone down » do not improve the quality of bystander initiated dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2008 févr 1;76(2):249-55.
75. *Hightower D, Thomas SH, Stone CK, Dunn K, March JA.* Decay in Quality of Closed-Chest Compressions Over Time. *Annals of Emergency Medicine*. 1995 sept;26(3):300-3.
76. *Ashton A, McCluskey A, Gwinnutt C., Keenan A.* Effect of rescuer fatigue on performance of continuous external chest compressions over 3 min. *Resuscitation*. 2002 nov;55(2):151-5.
77. *Heidenreich JW, Berg RA, Higdon TA, Ewy GA, Kern KB, Sanders AB.* Rescuer Fatigue: Standard versus Continuous Chest-Compression Cardiopulmonary Resuscitation. *Academic Emergency Medicine*. 2006;13(10):1020-6.
78. *Stiell IG, Brown SP, Christenson J, Cheskes S, Nichol G, Powell J, et al.* What is the role of chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation?\*. *Critical Care Medicine*. 2012;40(4):1192-1198 10.1097/CCM.0b013e31823bc8bb.
79. *Vaillancourt C, Stiell IG, Wells GA.* Understanding and improving low bystander CPR rates: a systematic review of the literature. *CJEM* 2008;10:51–65.
80. *Price JW, Price JR, Pratt DD, Collins JB, McDonald J.* High-fidelity simulation in anesthesiology training: a survey of Canadian anesthesiology residents' simulator experience. *Can J Anaesth* 2010;57:134-142.
81. *Sandroni C, Fenici P, Cavallaro F, Bocci MG, Scapigliati A, Antonelli M.* Haemodynamic effects of mental stress during cardiac arrest simulation testing on advanced life support courses. *Resuscitation*. 2005 juill;66(1):39-44.
82. *Quilici AP, Pogetti RS, Fontes B, Zantut LF, Chaves ET, Birolini D.* Is the Advanced Trauma Life Support simulation exam more stressful for the surgeon than emergency department trauma care? *Clinics (Sao Paulo)* 2005;60:287-292.
83. Etude TNS Healthcare (SOFRES) pour la Fédération Française de Cardiologie « *Les Français et l'arrêt cardiaque* », réalisée par téléphone les 28 et 29 août 2007 auprès d'un échantillon représentatif de la population française composé de 1016 individus âgés de 15 ans et plus.