

CREATION D'UNE CHAINE DE REFERENCE POUR LA MESURE DE LA PRESSION ARTERIELLE

La mesure de la pression artérielle par méthode auscultatoire au moyen d'un sphygmomanomètre est l'une des méthodes les plus anciennes et reste largement utilisée dans les services médicaux. Cela étant avec cette méthode la pression n'est pas mesurée directement dans les artères, mais dans un brassard. De plus la mesure est faite à la volée lors du dégonflage du brassard – généralement avec un manomètre doté d'une résolution au millimètre de mercure (figure 1) – en fonction de la perception de sons liés à la circulation sanguine au travers d'un stéthoscope.



Fig. 1 – Manomètre utilisé avec un brassard

En d'autres termes, cette méthode est dépendante du praticien et son exactitude est également limitée par les instruments employés. Ces données sont à rapprocher des valeurs des seuils entre un sujet sain et un sujet malade : par exemple on estime que la pression artérielle systolique doit être inférieure à 135 mmHg¹ chez un sujet sain, et inférieure à 130 mmHg chez un malade à haut risque cardiovasculaire ou chez un diabétique².

Des tensiomètres non invasifs automatiques – avec généralement des résolutions de 0,1 mmHg –, permettant de mesurer la tension artérielle par une méthode dite « oscillométrique » sont aujourd'hui de plus en plus utilisés pour un usage domestique et médical. Jusqu'à présent ces dispositifs ont été évalués par comparaison à des mesures faites par méthode auscultatoire. Ce type d'évaluation nécessite un nombre élevé de sujets et de mesures, est lourd à mettre en œuvre et repose sur une mesure indirecte. Dans ce contexte, afin d'exploiter au mieux l'exactitude de ces nouveaux instruments et d'en faciliter leurs vérifications, il apparaît nécessaire de pouvoir comparer leurs mesures à des mesures de référence notamment faites par méthode invasive et de concevoir un banc de référence permettant de s'affranchir des panels de sujets.

¹ L'unité de pression est le pascal (Pa) dans le Système international d'unités. Cependant dans le domaine médical les pressions sont généralement exprimées en centimètres de mercure (cmHg) voire millimètres de mercure (mmHg).

² Ohkubo T, Imai Y, Tsuji I, Nagai K, Ito S, Satoh H, Hisamichi S., « Reference values for 24-hour ambulatory blood pressure monitoring based on a prognostic criterion: the Ohasama Study », Hypertension; 1998; 32:255-264.

Abdallah A, Bayoud A, Benhaddad A, Boukoffa S, Nacer H, Soussa C., « Cours d'anatomie humaine, laboratoire d'anatomie médico-chirurgicale », université Badji Mokhtar-Annaba; 2009.

1. PRESSION ARTERIELLE ET PRINCIPALES GRANDEURS UTILISEES

La **pression artérielle** est la pression du sang dans les artères du corps. Celle-ci évolue de façon périodique au cours du temps. L'amplitude et la forme de cette variation diffèrent selon l'endroit où elle est mesurée, l'activité, l'état émotionnel, etc.

Au niveau de l'aorte, de l'artère pulmonaire et de l'artère radiale humérale, la pression du sang en fonction du temps a la forme présentée sur la courbe de la figure 2. Cette figure mentionne trois grandeurs couramment utilisées dans le domaine médical :

- la **pression systolique** correspondant à la pression artérielle suite à la contraction du ventricule gauche, lors de la systole, qui expulse le sang hors du cœur ;
- la **pression diastolique** elle correspondant à la pression minimale, suite à la phase de relâchement du cœur lors de la diastole ;
- la **pression moyenne** qui peut être estimée par la formule de Lian :

$$PAM = (PAS + 2 \times PAD) / 3.$$

L'écart entre la pression systolique et la pression diastolique est appelé **pression pulsée** ou différentielle.

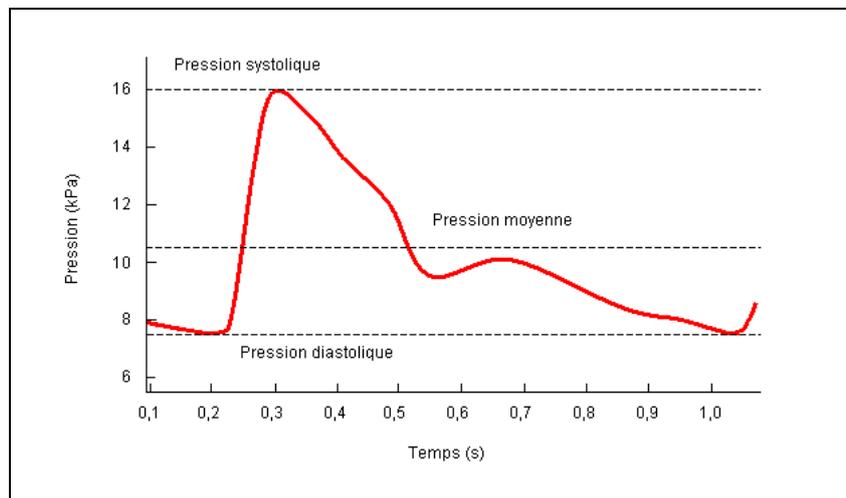


Fig. 2. – Courbe de pression artérielle enregistrée au niveau de l'aorte ascendante.

Les chiffres donnés par le médecin...

Dans la pratique le médecin annonce deux chiffres qui correspondent à la pression systolique et la pression diastolique. Par exemple « 13/8 » signifie une pression systolique valant 13 cmHg et une pression diastolique valant 8 cmHg.

On peut également rencontrer des indications du type « 130/80 » correspondant à des mesures exprimées en mmHg en particulier avec les auto-tensiomètres (figure 4).

2. METHODES DE MESURE ET INSTRUMENTS UTILISES

2.1. Méthode invasive

La méthode invasive consiste à mesurer la pression en un point précis d'une artère. La mesure est effectuée par un capteur de pression situé à l'extrémité d'une ligne de cathéter contenant par exemple du sérum physiologique. La ligne est introduite dans le corps du patient via un cathéter. Cette méthode est la plus exacte qui soit puisqu'elle mesure directement le mesurande. Ceci étant, elle ne peut être utilisée que par des hôpitaux spécialisés lors d'interventions justifiant son utilisation sur le plan médical, par exemple lors d'un examen de coronarographie, et en respectant la déclaration d'Helsinki* de l'Association médicale mondiale.

2.2. Méthodes non-invasives

Deux types de méthodes existent : la méthode auscultatoire et la méthode oscillométrique.

2.2.1. La méthode auscultatoire

La méthode auscultatoire nécessite un sphygmomanomètre, brassard gonflable doté d'un manomètre et un stéthoscope. Le brassard est enroulé autour du bras et comprimé de manière à provoquer une occlusion de l'artère. Ensuite le brassard est progressivement dégonflé, ce qui a pour effet de rétablir la circulation sanguine. En parallèle le médecin aura placé un stéthoscope sur l'artère humérale au pli du coude. Lors de la phase de dégonflage des sons appelés « sons de Korotkoff » seront perçus au travers du stéthoscope. La connaissance de la pression dans le brassard au moment de l'apparition de certains sons permet de déduire la pression systolique et la pression diastolique. La figure 3 schématise la pression dans un brassard lors de son dégonflage et indique les sons de Korotkoff correspondants décrits dans le tableau 1.

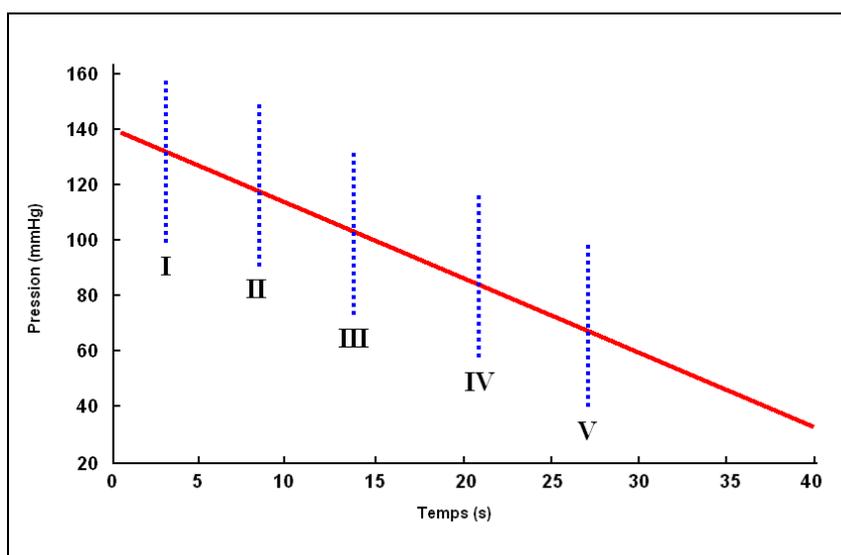


Fig. 3. – Pression dans le brassard et sons de Korotkoff lors du dégonflage du brassard. Les sons de Korotkoff sont repérés I à V.

* La déclaration d'Helsinki est un document de l'Association médicale mondiale - organisation internationale de médecins -, énonçant des principes éthiques applicables à la recherche médicale impliquant des êtres humains.

Son	Description
I	Apparition de petits bruits secs d'intensité croissante
II	Bruits doux prolongés et intenses
III	Bruits plus intenses et vibrants
IV	Bruits assourdis et doux
V	Disparition des bruits

Tableau 1 – Sons de Korotkoff

Cette méthode est pratique et peut être utilisée par un médecin, chez ses patients. Ceci étant elle dépend de la perception des sons par le médecin, de sa dextérité en dégonflant le brassard et en relevant la valeur de la pression au moment de la perception des sons de Korotkoff. En résumé, cette méthode est assortie d'incertitudes importantes. De plus, la tension artérielle dépend de l'état de stress du patient. Celle-ci peut être faussée par « l'effet blouse blanche » en présence du médecin.

2.2.2. La méthode oscillométrique

Cette méthode est utilisée par les auto-tensiomètres (figure 4) qui sont des appareils de plus en plus utilisés par les particuliers et dans le domaine médical en raison de leur facilité d'utilisation.



Fig. 4. – Exemple d'auto-tensiomètre doté d'un brassard à fixer sur le poignet.

Comme pour la méthode auscultatoire, la méthode oscillométrique consiste à utiliser un brassard enroulé autour du bras ou du poignet en le gonflant de manière à provoquer une occlusion de l'artère. Le brassard est ensuite progressivement dégonflé : de petites oscillations de pression dans l'artère sont détectées au niveau du brassard lors de cette opération, ce qui fait apparaître des oscillations sur la rampe de pression lors de son dégonflage (figure 5). Ces oscillations extraites sont présentées en figure 6. A partir de ces oscillations, différents algorithmes peuvent être utilisés pour évaluer les pressions artérielles systoliques et diastoliques.

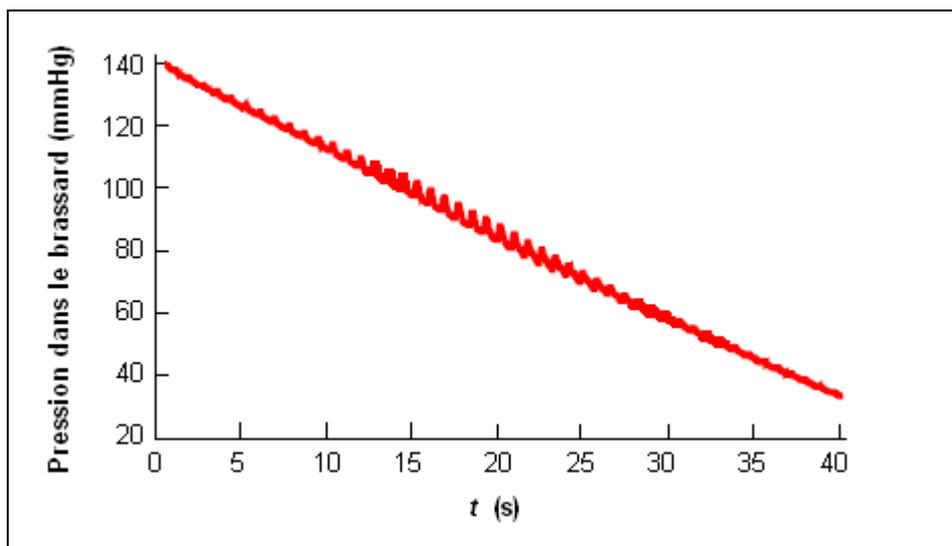


Fig. 5. – Représentation schématique de la rampe de pression dans un brassard lors de son dégonflage. Celle-ci fait apparaître de petites oscillations.

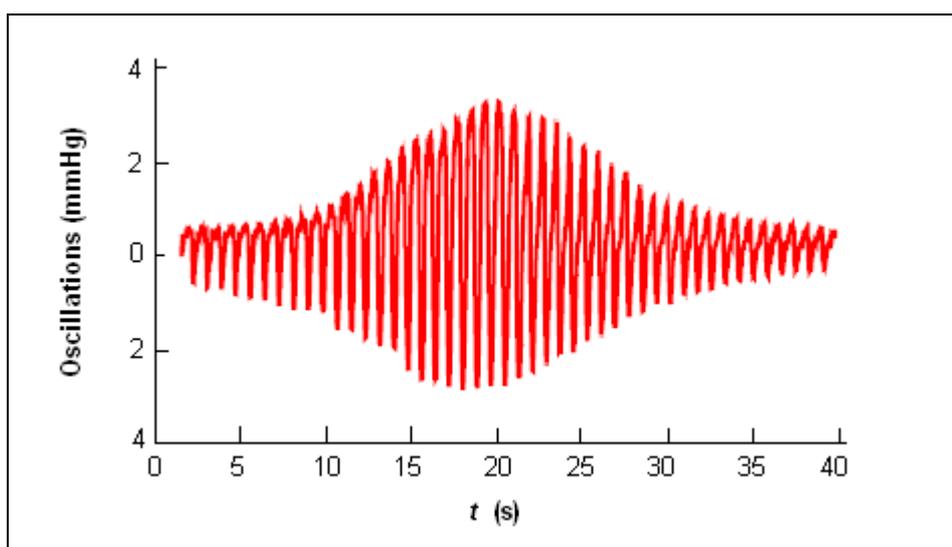


Fig. 6. – Représentation schématique des oscillations après filtrage de la rampe.

L'avantage de cette méthode avec l'utilisation d'auto-tensiomètres est de rendre la mesure indépendante de l'opérateur. De plus si l'instrument est utilisé directement par le patient, il n'y a plus « d'effet blouse blanche ».

Ceci étant, plusieurs paramètres influencent la qualité de la mesure. La taille du brassard par rapport au bras peut induire une sous- ou une sur-estimation des pressions artérielles. D'autre part plusieurs méthodes existent pour extraire les oscillations de la rampe de pression. Celles-ci peuvent conduire à des mesures différentes. Plusieurs méthodes existent aussi pour déterminer les pressions artérielles diastolique et systolique (en utilisant les amplitudes crêtes à crêtes des oscillations ou en utilisant les dérivées de l'enveloppe du signal oscillométrique). Ces méthodes peuvent faire intervenir des paramètres expérimentaux pour lesquels il n'y a pas de réel consensus (par exemple

plusieurs publications font état de ratios différents pour les calculs en utilisant les amplitudes crêtes à crêtes des oscillations). Les constructeurs communiquent assez rarement sur les méthodes employées qui sont couvertes par le secret industriel. De ce constat, il apparaît nécessaire de vérifier ce type d'instrument.

Plusieurs documents de référence existent concernant la vérification de ces appareils. Celle-ci porte généralement sur des spécifications relatives au fonctionnement de l'auto-tensiomètre (vitesses de gonflage et de dégonflage du brassard, étanchéité du brassard, exactitude de la mesure de la pression dans le brassard, influence de la température, etc.) et dans quelques cas, sur l'exactitude de la mesure de pression artérielle. La vérification portant sur la mesure de pression artérielle est généralement faite par comparaison à des mesures auscultatoires. Celle-ci nécessite de mesurer la pression artérielle de plusieurs personnes (par exemple 85 selon la norme NF 1060-4 partie 4 avec deux médecins). Cette dernière vérification est lourde à mettre en œuvre et justifie le développement d'un moyen de vérification automatisé.

3. CREATION D'UNE CHAINE DE REFERENCE

Dans le cadre d'un travail de thèse le LNE a mis en œuvre un banc de référence pour la vérification des auto-tensiomètres. Celui-ci est constitué :

- d'une base de données contenant des signaux oscillométriques de patients et les pressions invasives correspondantes ainsi que toutes données utiles sur les patients (sexe, âge, poids, taille...);
- d'un simulateur de patient permettant de simuler un signal oscillométrique dans un brassard.

La base de données a été élaborée au cours d'un travail de thèse encadré par l'Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre, qui est une unité mixte de recherche du CNRS, d'Aix-Marseille Université et de l'Ecole Centrale Marseille. Une étude clinique a été réalisée au service de Cardiologie de l'Hôpital Nord de l'Assistance Publique-Hôpitaux de Marseille. Cette base compile : des mesures de pression artérielle obtenues par méthode invasive (déterminées pendant des examens de coronarographie) et des mesures de pression obtenues simultanément à l'aide d'un brassard. Elle contient également les mesures de pressions artérielles déterminées avec les sons de Korotkoff, soit 90 enregistrements correspondant à 90 patients.

Pour la vérification des auto-tensiomètres, un simulateur de patient développé par la PTB est utilisé (figure 7). Celui-ci permet de générer une pression dynamique qui est injectée dans le brassard de l'auto-tensiomètre à vérifier. Le signal injecté correspond aux enregistrements de pressions dans un brassard pendant l'étude clinique. Il est alors possible de comparer les indications de l'auto-tensiomètre aux valeurs de référence (pression obtenue par méthode invasive ou via les sons de Korotkoff) contenues dans la base de données.

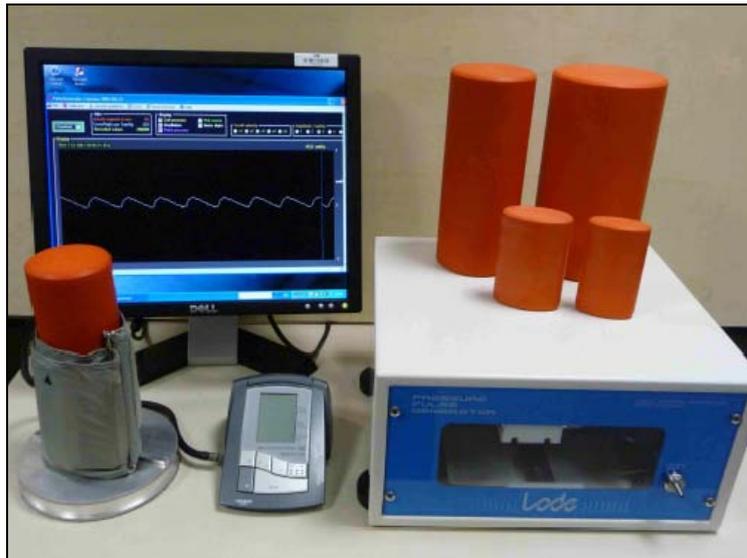


Fig. 7. – Simulateur de patient (générateur de pression sur la droite, le brassard d'un auto-tensiomètre est enroulé sur un cylindre à gauche).

Le laboratoire a également mené une étude sur les méthodes de mesure des auto-tensiomètres ainsi que l'influence de divers paramètres (par exemple dimension du brassard par rapport au diamètre du bras).

POUR EN SAVOIR PLUS

Georges FAHD, « Création d'une chaîne de référence pour la mesure de la pression artérielle », Thèse de doctorat, 2012.

G. Fahd, O. Ait Mokhtar, O. Boiron, I. Morgado, F. Paganelli & V. Deplano, « Comparing invasive and oscillometric blood pressure measurements », *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 2011, 14:sup1, 149-151.

G. Fahd et al., « Design of a secondary standard for measuring arterial blood pressure, *Measurement* », 2011, doi:10.1016/j.measurement.2011.10.033

Norme NF EN ISO 81060-1, « Sphygmomanomètres non invasifs - Partie 1 : exigences et méthodes d'essai pour type à mesurage non automatique », 2012.

Norme NF EN 1060-3+A2, « Tensiomètres non invasifs - Partie 3 : exigences complémentaires concernant les systèmes électromécaniques de mesure de la pression sanguine », 2010.

Norme NF EN 1060-4, « Tensiomètres non invasifs - Partie 4 : procédures pour déterminer la précision de l'ensemble du système des tensiomètres non invasifs automatiques », 2004.

G. Fahd, O. Ait Mokhtar, O. Boiron, I. Morgado, F. Paganelli, P. Otal et V. Deplano, « Creating a calibrating chain in order to evaluate automated blood pressure devices », *Congrès international de métrologie 2011*.