

Les dispositifs médicaux portatifs se mettent à la portée de tout un chacun

Thermomètres numériques, tensiomètres, lecteurs de glycémie, oxymètres de pouls, etc. De nombreux dispositifs médicaux portatifs ont migré du cabinet du médecin jusqu'au domicile du patient. Le gain en précision et le perfectionnement des algorithmes utilisés mettent désormais à la portée de (presque) tous la capacité de diagnostiquer voire d'administrer un traitement. Le distributeur Mouser illustre le phénomène en prenant l'exemple du défibrillateur cardiaque.

De nombreux dispositifs médicaux portatifs nous sont déjà familiers. Les thermomètres numériques, les tensiomètres, les lecteurs de glycémie, les oxymètres de pouls et les interfaces de surveillance du rythme cardiaque sont tous des dispositifs médicaux non invasifs courants. Au fil des ans, ces dispositifs ont migré du cabinet du médecin au domicile du patient. Cette tendance se poursuit au fur et à mesure que les dispositifs créés gagnent en précision et que leurs algorithmes se perfectionnent : ils autorisent ainsi à ne pas réserver au seul médecin la capacité de diagnostiquer et d'administrer un traitement.

Un facteur clé de cette migration est l'ajout d'instructions d'utilisation intelligentes qui facilitent l'emploi de ces instruments considérés comme très complexes. Par exemple certains dispositifs médicaux peuvent dès aujourd'hui servir en cas d'urgence, même en l'absence d'un professionnel de santé. Ces dispositifs peuvent « se substituer » au docteur ou à l'infirmière et dispenser à leur niveau certains soins, qu'il n'était pas possible auparavant de prodiguer en dehors de l'hôpital. En examinant la conception de l'un de ces dispositifs médicaux intelli-

● A.- Exemple de dispositif DEA (Image obtenue avec l'aimable autorisation de Defibtech).

AUTEUR



Mark Patrick, directeur marketing Fournisseurs chez Mouser Electronics.

gents, il est possible de mieux appréhender comment cette nouvelle vague de dispositifs médicaux intelligents va évoluer et les types de fonctionnalités que l'on peut espérer.

Fonctionnement intelligent : le défibrillateur externe automatique

Le défibrillateur externe automatique (DEA) est l'un des premiers dispositifs médicaux intelligents portatifs qui vient à l'esprit, et celui que l'on aperçoit partout dans les aéroports, les centres de congrès et les bâtiments publics. Un DEA est utilisé en cas d'urgence pour traiter les arrêts cardiaques. Il utilise une décharge élec-

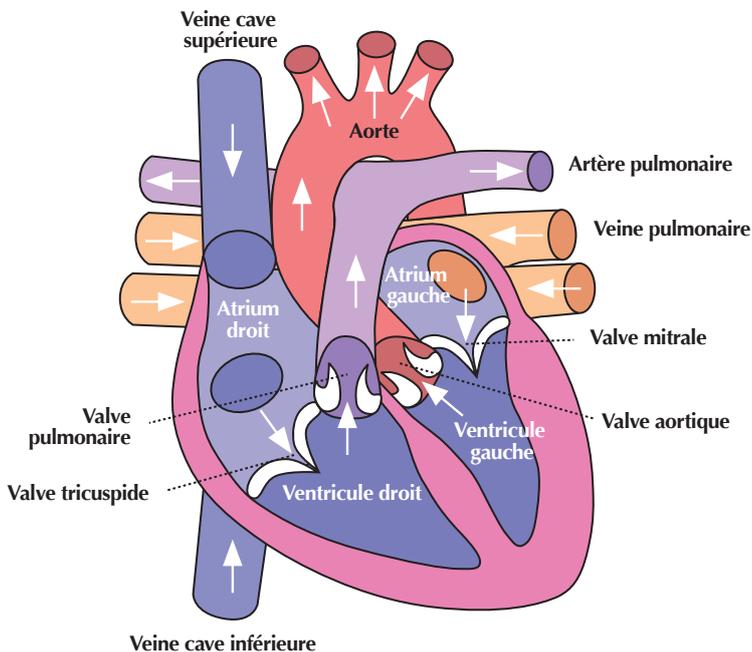
trique pour faire reprendre au cœur son fonctionnement normal. De plus, les DEA que l'on trouve en dehors des établissements de santé sont conçus pour être utilisés par n'importe qui, pas uniquement par un professionnel. Ces dispositifs donnent des instructions audiovisuelles simples et guident l'utilisateur étape par étape tout au long des procédures de mise en place, de diagnostic et de traitement et l'aident même à prévenir les services médicaux d'urgence. Le dispositif effectue des mesures, établit des diagnostics et décide de la meilleure action à mener, et ce de manière automatique.

Le DEA illustre bien la façon dont la prochaine vague de dispositifs médicaux intelligents portatifs va se développer et indique les futures fonctionnalités envisageables. A ce titre, les éléments constitutifs principaux du DEA, comme les capteurs perfectionnés, le traitement du signal analogique, le filtrage numérique, les communications sans fil, le stockage des données, les interfaces homme-machine sophistiquées avec guide sous forme de vidéos sur écran LCD, l'alimentation par pile ou le traitement redondant avec sécurité intégrée, équiperont tous les dispositifs médicaux intelligents. L'examen de ces éléments au sein d'un DEA donne une bonne idée de la manière dont l'intelli-

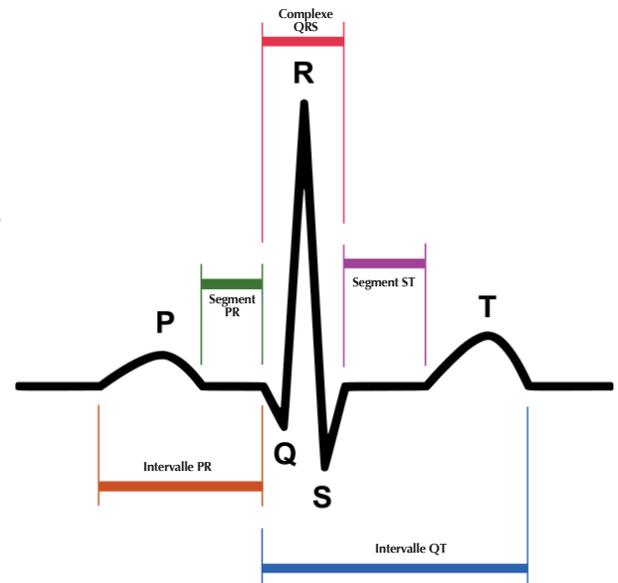


Structure du cœur et électrocardiogramme d'un cœur au fonctionnement normal.

1A STRUCTURE DU MUSCLE CARDIAQUE



1B ELECTROCARDIOGRAMME STANDARD



gence peut être intégrée à d'autres types de dispositifs médicaux (voir photo A).

La conception d'un défibrillateur automatique

Les fonctionnalités d'un DEA qui peuvent sans doute le mieux s'appliquer à d'autres dispositifs médicaux, sont la détection et le filtrage de signaux analogiques, le traitement du signal numérique, ainsi que les fonctions d'interfaces homme-machine et de communications sans fil. L'examen en détail de la conception de ces fonctions clés devrait clarifier quelles techniques seront utilisées dans la prochaine génération de dispositifs médicaux portatifs. Avant d'aller plus avant, peut-être est-il bon de rappeler rapidement le fonctionnement du système électrique de commande du cœur.

La surveillance du cœur

Les deux arythmies cardiaques habituellement traitées par un DEA sont la fibrillation ventriculaire et la tachycardie ventriculaire. Dans ces deux maladies prises en charge par le DEA, le cœur est actif, mais a un comportement anormal qui peut indiquer le début d'un arrêt cardiaque. Dans le cas de la tachycardie ventriculaire, le cœur bat trop vite et

ne pompe pas le sang de manière efficace. Une tachycardie ventriculaire prolongée peut conduire, si elle n'est pas traitée, à une fibrillation ventriculaire. Dans la fibrillation ventriculaire, l'activité électrique de commande du cœur devient chaotique, et cela interrompt le pompage normal et efficace du sang par les ventricules. Cette fibrillation du cœur décroît au cours du temps, et va éventuellement évoluer en asystolie, caractérisée par un tracé plat, signe de l'absence d'activité électrique du cœur. Pour mieux comprendre la conception d'une interface de surveillance du rythme cardiaque, un bref rappel du fonctionnement électrique du cœur est utile (voir figure 1A).

Au fur et à mesure que l'activité électrique se propage dans les atriums, elle se déplace du nœud sinusal au nœud auriculo-ventriculaire (AV). Le nœud AV est à l'origine d'un délai important pour le système de conduction et représenté comme l'espace PR de la courbe de l'électrocardiogramme ECG (voir figure 1B). La portion QRS de l'ECG indique la dépolarisation rapide des ventricules droit et gauche. En raison de la masse musculaire beaucoup plus importante au niveau de l'aorte, le complexe QRS a une amplitude

beaucoup plus grande que l'onde P. L'onde T indique la repolarisation des ventricules. La durée de l'onde P est de l'ordre de 80 ms, celle du complexe QRS de 80 ms à 120 ms et l'onde T dure environ 160 ms.

La détection analogique

Dans la plupart des DEA, deux électrodes sont utilisées pour mesurer l'activité électrique du cœur. Ces électrodes peuvent fonctionner aussi comme source de décharge électrique pour faire revenir un battement de cœur irrégulier en rythme régulier et sain. Pendant la détection, les électrodes mesurent la tension générée par le cœur pendant la polarisation et la dépolarisation des parties du cœur. Ces tensions sont très petites et typiquement de l'ordre de 10 mV. Parce que le signal varie d'un individu à l'autre et dépend de l'emplacement des électrodes, une mesure précise est essentielle pour une utilisation efficace du dispositif. Un convertisseur analogique-numérique (CAN) à hautes performances est donc nécessaire pour être sûr de capter le signal de la manière la plus précise possible. La fréquence de détection n'est pas très élevée, puisqu'il s'agit de phénomènes physiologiques, donc un CAN fonctionnant aux fréquences audio suffit lar-

gement (pour rappel, les durées des différents signaux de l'ECG oscillent entre 80 et 160ms). Les microcontrôleurs modernes sont normalement équipés de périphériques CAN sur la puce avec des capacités suffisantes pour traiter les fréquences audio.

Certains équipements médicaux peuvent nécessiter des mesures plus complexes qui imposent l'utilisation d'un circuit d'entrée analogique (AFE). Dans les dispositifs portatifs comme les appareils de surveillance de la santé et de la forme physique, une nouvelle technique utilisant des LED a été développée pour les tachymètres de pouls et la surveillance du rythme cardiaque. Cette technique va sans doute se retrouver dans d'autres applications portatives étant donné



son faible encombrement et sa consommation minimale. Le MAX30100 de Maxim, par exemple, intègre le capteur et la LED dans un circuit unique. Le capteur présente un rapport signal sur bruit élevé pour éliminer les artéfacts dus aux mouvements, un taux d'échantillonnage élevé et un débit de données rapide, qui en font l'AFE idéal pour un microcontrôleur (voir photo B).

Le filtrage analogique

Comme la plupart des dispositifs médicaux intelligents, les DEA nécessitent de multiples filtres pour le traitement du signal. La première opération de filtrage consiste à éliminer le bruit de fond des composantes critiques des signaux. Un filtre passe-haut est souvent utilisé pour éliminer les signaux basse fréquence sans rapport avec les mesures à effectuer; il est normalement ajusté à 0,05 Hz dans un DEA. Un filtre passe-bas est utilisé pour éliminer des signaux haute fréquence au-delà de 150Hz

● B.- L'oxymètre de pouls et l'interface de surveillance du rythme cardiaque MAX30100 de Maxim, avec DEL et capteur intégrés.

typiquement pour un DEA. D'autres dispositifs médicaux peuvent nécessiter différentes valeurs de filtrage, mais pratiquement tous les dispositifs ont besoin de filtres pour se « recadrer » sur la portion du signal qui s'avère la plus significative pour l'algorithme de diagnostic.

Le traitement du signal

Une fois le signal isolé de toutes les sources de bruit, les mesures des caractéristiques temporelles et d'amplitude les plus importantes de la courbe de l'ECG enregistrée peuvent être effectuées. La mesure de la durée et de l'amplitude des sections P, QRS et T de l'ECG sont essentielles pour établir le rythme (ou l'absence de rythme) au début de l'incident cardiaque et lors de son évolution. D'autres mesures de diagnostic élaborées peuvent être effectuées pour améliorer encore l'utilisation. Par exemple, la direction du vecteur électrique moyen du cœur (par opposition à sa simple amplitude) peut servir à déterminer si un blocage ou une maladie cardiaque sont présents: ce sont en effet des facteurs importants pour l'exactitude du diagnostic. Du coup, un DEA utilisé correctement ne va pas déclencher de décharge s'il détecte, d'après le rythme cardiaque, que le cœur n'en a pas besoin. En apparence, un DEA ne devrait être utilisé que par du personnel formé à cet effet. Cependant, s'il y a danger de mort, il vaut la peine de suivre les instructions du DEA, surtout si c'est un professionnel de santé qui le demande (éventuellement à distance).

L'interface homme-machine

En raison de la confusion et de l'incertitude qui règnent lors de la prise en charge d'un arrêt cardiaque, il est important que le DEA guide l'opérateur à l'aide d'instructions claires, simples et faciles à exécuter. Une des fonctions les plus pertinentes pour aider un utilisateur consiste à fournir une série d'instructions audio énoncées avec une voix rassurante et confiante. Les instructions doivent être dans la langue maternelle de l'opérateur, qui pourrait être sélectionnée préalablement à partir d'un écran tactile avant de commencer l'opération. Des instructions sous forme de vidéos peuvent aussi être utilisées pour compléter les

instructions audio, et l'existence d'écrans LCD haute résolution s'interfaçant simplement avec les microcontrôleurs en fait une fonctionnalité facile à incorporer. Le grand volume de stockage disponible dans les dispositifs à mémoires flash à accès séquentiel permet d'inclure une variété d'instructions vidéo couvrant tout un éventail de scénarios possibles de procédures de diagnostic et de traitement. Une mémoire flash à accès séquentiel peut aussi stocker des enregistrements audio et des vidéos réalisés pendant le traitement, qui aideront les premiers secours à vérifier si les instructions audio et vidéo ont bien été suivies, et le personnel hospitalier à déterminer la suite des soins à dispenser.

Les fonctions de communication

Le suivi intelligent de l'intervention et les communications entre un opérateur et les services d'urgence peuvent aussi améliorer les résultats du traitement. Lors de son stockage, alors qu'il est par exemple fixé au kiosque à journaux et bien visible, le DEA doit pouvoir être rechargé et testé automatiquement et régulièrement. Si l'un des tests s'avère négatif, le DEA doit pouvoir alerter l'organisme compétent pour ce dernier vienne le remplacer. Si quelqu'un essaie d'utiliser un dispositif dont le résultat du test serait négatif, le DEA doit pouvoir aussi utiliser un réseau de communication local pour trouver automatiquement le dispositif en état de fonctionnement le plus proche et rediriger l'opérateur vers celui-ci. Cette capacité peut s'avérer d'une importance capitale lors d'une catastrophe telle qu'un tremblement de terre ou un incendie, les dispositifs ayant pu être endommagés ou s'être déchargés.

En conclusion, la prochaine vague de dispositifs médicaux portatifs sera donc apte à offrir des fonctions de diagnostic et de traitement intelligents, jusqu'alors accessibles uniquement à l'hôpital ou dans le cabinet du médecin. Ces dispositifs seront faciles à employer à la maison, ou en cas d'urgence, dans les bâtiments publics et les bureaux, même par des professionnels non formés à leur utilisation. Bientôt, à la question « Y a-t-il un médecin dans la salle? », la réponse sera toujours affirmative... Mais le docteur, ce sera vous! ■