

Le tensiomètre automatique

DIDIER CZAPLEWSKI, CHRISTOPHE PUNTEL^[1]

Le domaine médical fournit de nombreux exemples d'innovations technologiques. C'est donc naturellement vers lui que s'est tournée l'équipe du lycée Rosa-Parks de Montgeron pour cette étude de cas, caractérisée par la mise en œuvre d'une solution utilisant un microcontrôleur. L'occasion d'initier les élèves de seconde à la programmation à l'aide de l'outil informatique FlowCode.

Présentation de l'étude

● Le thème

L'enseignement d'exploration « création et innovation technologiques » propose aux élèves de seconde de découvrir pourquoi et comment un produit s'inscrit dans une évolution technologique – faite de découvertes, d'inventions et d'innovations – et pourquoi une démarche de créativité est indispensable à l'innovation. L'étude comparative de deux tensiomètres de générations différentes, l'un automatique **1** et l'autre nécessitant un opérateur **2**, s'inscrit parfaitement dans ce cadre, comme les élèves, par des manipulations et des observations, vont le mettre en évidence.

● L'organisation des activités

Cette étude de cas doit être précédée du cycle « starter » ; en effet, la maîtrise du vocabulaire des principes d'innovation est un préalable à son bon déroulement.

Nous avons mis en place des séances de 2 heures, ce qui aboutit, *in fine*, à 27 semaines effectives (54 heures sont dues à l'élève). Le groupe est constitué de 15 élèves répartis en 4 « équipes ».

● La mise en œuvre pédagogique

L'analyse complète du tensiomètre comporte trois séquences de durée variable pour un total de 8 heures (« Le déroulement de l'étude de cas » est décrit en encadré). Elle est effectuée parallèlement à une autre

[1] Respectivement, professeur de génie électrique et professeur de génie mécanique au lycée Rosa-Parks de Montgeron (91). Courriels : didier.czaplewski@ac-versailles.fr ; christophe.puntel@ac-versailles.fr.



1 Le tensiomètre automatique

mots-clés

électronique, innovation, numérique, pédagogie, travaux pratiques



2 Le tensiomètre nécessitant un opérateur

étude de cas (l'accéléromètre) afin de limiter les moyens.

Une application (un mini-site) téléchargeable dédiée au tensiomètre regroupe les activités par séquences. Les premières pages de chaque séquence en présentent les objectifs à atteindre et le déroulé opératoire. La dernière partie du mini-site est consacrée aux ressources. Les corrigés de tous les travaux seront joints au dossier téléchargé.

La première séquence

La première séquence s'inscrit dans la démarche pédagogique en V **3**, identique à celle du cycle « starter ». Elle va permettre d'identifier l'évolution technologique, la solution technologique innovante et le principe d'innovation.

Une recherche documentaire au moyen d'un dossier ressource en ligne constitué d'une banque de liens sélectionnés à accès libre, associée à une démarche d'investigation, va permettre à l'élève de mettre en évidence l'évolution technologique : le remplacement de la poire de gonflage par un compresseur, le remplacement du stéthoscope et du praticien par un boîtier électronique, et la gestion par microcontrôleur. Ce matériel, ne nécessitant plus la présence de personnel médical, permet l'automesure de la tension à domicile.

L'appréhension de la dimension médicale et l'appropriation du vocabulaire dédié à la tension artérielle précèdent les manipulations des tensiomètres (voir « La pression artérielle » en encadré).

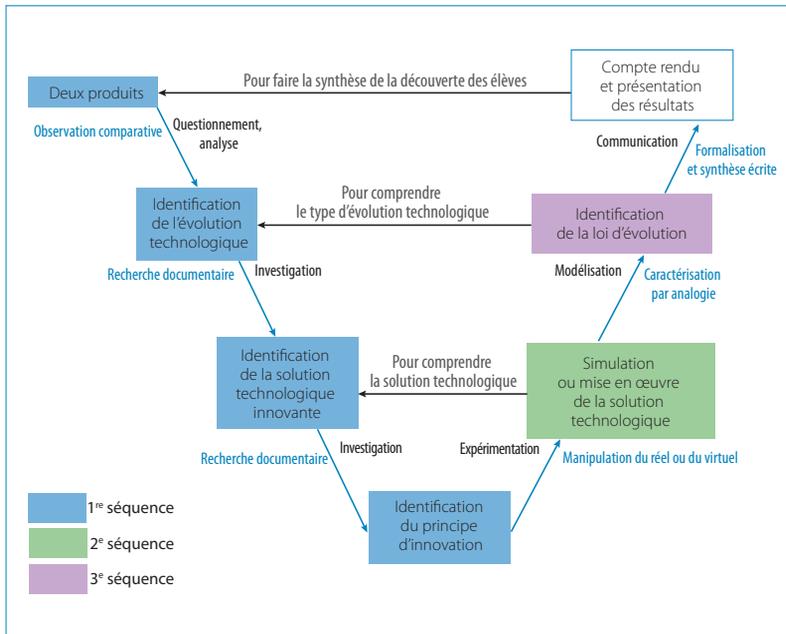
Ensuite, l'élève est amené par un QCM à une réflexion sur la solution technologique innovante, puis à l'identification du principe d'innovation.

Extraits du questionnaire

- ① Qu'y a-t-il de changé, au niveau de la mise en œuvre, entre la prise de tension au cabinet médical et l'automesure à domicile ?
- ② Quels sont les composants du tensiomètre qui ont été remplacés d'une génération à l'autre (se référer aux documents ressources) ?
- ③ Par quoi ont-ils été remplacés ?
- ④ Définir la solution technologique innovante en inscrivant une (et une seule) croix dans le tableau **4**.

La deuxième séquence

La deuxième séquence concerne la mise en œuvre et la simulation de la solution technologique : le microcontrôleur.



3 La démarche pédagogique en V

L'élève est progressivement amené, en manipulant, à découvrir les limites d'une solution câblée par rapport à une solution microprogrammée **5**.

Pendant cette séquence (se déroulant sur 2 séances), l'élève va utiliser le logiciel FlowCode V4 **6** et une carte de programmation pour allumer une del, et au final écrire le résultat d'une mesure sur un écran LCD (comme le réalise le tensiomètre automatique).

La troisième séquence

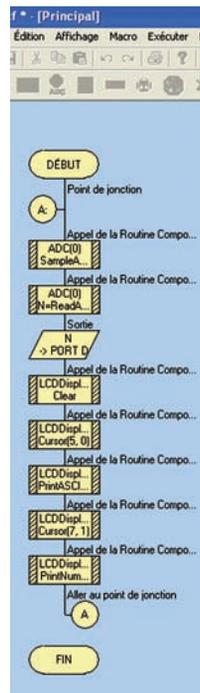
La dernière séquence traite des lois d'évolution du système et des contraintes normatives des appareils médicaux.

Les lois d'évolution

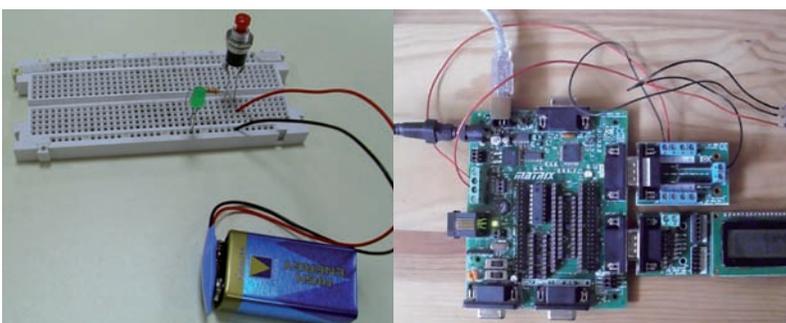
Dans une démarche de créativité, les lois d'évolution caractérisent le développement de chaque système technique indépendamment de son domaine technique. Cette première partie aborde certaines d'entre elles :

Loi 1 : Intégralité des parties d'un système technique

Un système technique est décomposé en quatre parties distinctes, qui doivent chacune atteindre un degré de



6 L'utilisation du logiciel FlowCode



5 La solution câblée et la solution microprogrammée

Fonction attendue	Solution technologique	Votre choix (à justifier)
Stocker des données, des variables et un programme informatique	Microcontrôleur	
Présenter des informations lisibles à l'utilisateur	Afficheur	
Pressurisation du brassard	Pompe à air comprimé	
Protéger le système et être agréable à l'œil	Boîtier en plastique	

4 Le tableau à compléter

performance optimal. La défaillance de l'une d'entre elles provoque un dysfonctionnement.

Loi 2 : Conductibilité énergétique du système
 Cette partie est principalement consacrée aux différentes énergies.

Le groupe moteur-compresseur est le composant qui à lui seul réunit les énergies en présence. Son principe de fonctionnement est le suivant : les piles fournissent de l'énergie au moteur ; ce dernier entraîne en rotation, via un arbre de transmission, une membrane inclinée qui crée une pression d'air ; cette énergie est transmise vers le brassard par le tuyau flexible.

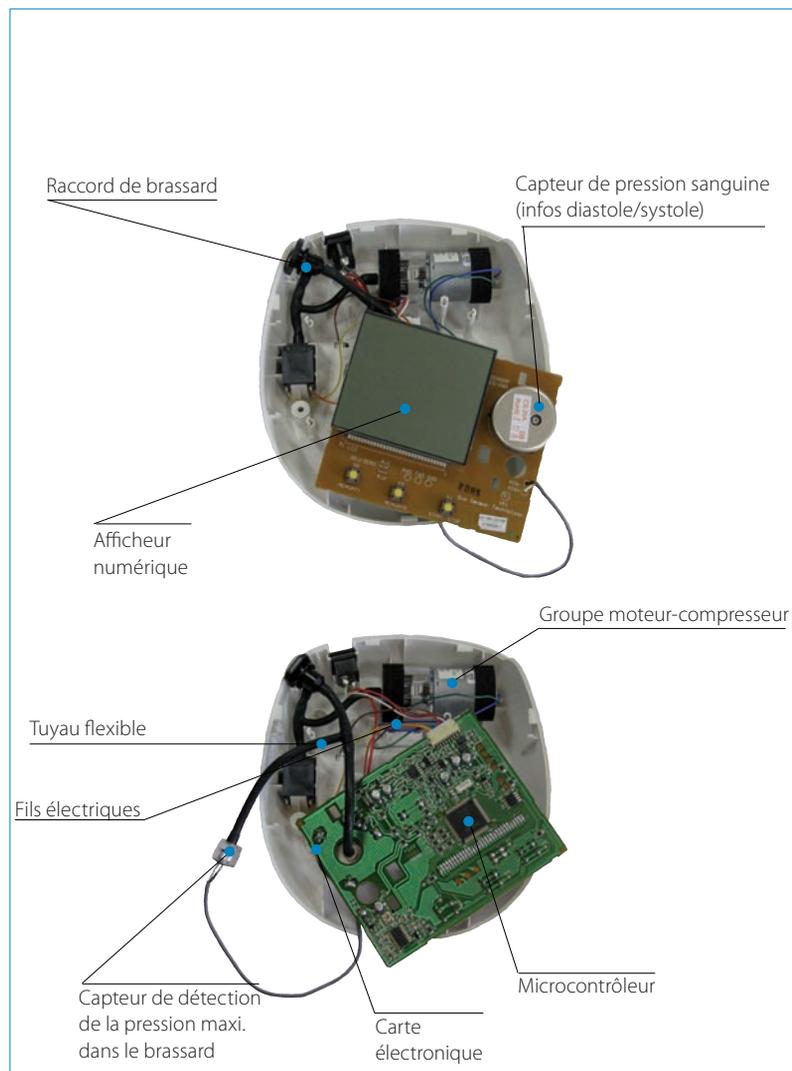
Loi 3 : Coordination du rythme des parties
 On s'intéresse à la décomposition du système automatisé. Tout système automatisé possède un schéma structurel.

Loi 4 : Augmentation du niveau d'idéalité
 Implicitement, un système doit tendre vers le système idéal ; il doit donc évoluer.

À l'issue d'une étude comparative entre le tensiomètre manuel et le tensiomètre numérique, l'élève va donner son appréciation sur différents critères et vérifier que le système, sans être parfait, évolue dans le bon sens.

À travers ces lois, l'élève va donc apprendre à reconnaître les parties d'un système technique, les énergies en présence et aborder la structure d'un système automatisé. Enfin, par une étude comparative entre deux générations d'un même système, il vérifiera que celui-ci a progressé et qu'il tend vers un niveau d'idéalité.

Exemple d'activité : Associer chaque composant identifié 7 à la partie qui lui est propre. Pour cela, cocher la case correspondante dans le tableau 8.



7 Les composants identifiés

Composant	Moteur	Transmission	Travail	Contrôle
Groupe moteur-compresseur				
Carte électronique				
Microcontrôleur				
Capteur de pression groupe moteur-compresseur				
Capteur de pression sanguine				
Piles				
Tuyau flexible				
Fils électriques				
Afficheur numérique				
Brassard				

8 Le tableau à compléter

Les contraintes normatives

Cette partie est consacrée aux contraintes normatives relatives aux appareils médicaux. La mise sur le marché de ce type d'appareils nécessite l'autorisation de la Communauté européenne. L'élève va vérifier que l'appareil mis à sa disposition répond aux exigences, qu'une recherche guidée sur le site de l'Afssaps (l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, www.afssaps.fr) va mettre en évidence.

La pression artérielle

La pression artérielle correspond à la pression du sang dans les artères. On parle aussi de tension artérielle, car cette pression est la force exercée par le sang sur la paroi des artères, elle tend *stricto sensu* la paroi de l'artère.

L'unité internationale de mesure de pression est le pascal (Pa). Toutefois, l'usage fait que la pression artérielle est souvent mesurée en centimètres de mercure (cmHg), parfois en millimètres de mercure (mmHg).

Elle est exprimée par 2 mesures :

- La pression maximale au moment de la contraction du cœur (systole)
- La pression minimale au moment du « relâchement » du cœur (diastole)

La méthode de mesure oscillométrique

La technique oscillométrique de mesure de la pression artérielle a été mise au point par Étienne-Jules Marey en 1876. Elle est basée sur l'observation que des oscillations sont enregistrées dans la poche gonflable du sphygmomanomètre (tensiomètre) lors de son dégonflage. Les oscillations débutent avant la réelle valeur de la pression systolique (PAS) et se poursuivent au-delà de la réelle valeur de la pression diastolique (PAD), mais l'amplitude maximale des oscillations correspond à la pression artérielle moyenne, qui peut ainsi être directement mesurée par cette méthode. Comme la pression artérielle moyenne n'est pas un paramètre utilisé en pratique clinique, il est nécessaire d'estimer la valeur de la PAS et de la PAD en utilisant des méthodes de calcul automatisées à partir de la valeur de cette pression moyenne. Des appareils électroniques ont été mis au point pour réaliser ces mesures.

La fiabilité des appareils automatiques qui utilisent la méthode oscillométrique dépend de l'algorithme employé pour l'estimation des pressions systoliques et diastoliques. Celui-ci varie selon l'appareil et la série de fabrication. La connaissance de la fiabilité et de la reproductibilité d'un appareil automatique est indispensable avant son utilisation.

Pour mesurer la sensibilité d'un tensiomètre électronique, une série de tests est effectuée et ensuite comparée à une prise de tension traditionnelle sur une colonne de mercure.

Il existe des protocoles d'étude clinique qui ont pour but de déterminer la qualité métrologique des appareils de mesure tensionnelle (des protocoles internationaux et d'autres qui sont référencés dans la norme européenne NF EN 1060-3).

Remarque : En langage courant (par exemple chez le médecin), la tension est donnée par deux nombres, correspondant à la pression systolique suivie de la pression diastolique exprimées en cmHg. Par exemple, « 12/8 de tension » – et non « 12,8 » – indique une pression systolique de 12 cmHg et une pression diastolique de 8 cmHg, qui seront le plus souvent affichées sur un appareil de mesure avec les nombres 120 et 80 (mmHg).

Critères d'appréciation	Tensiomètre manuel	Tensiomètre automatique
Prix (le moins cher)		
Facilité de mise en œuvre		
Facilité de lecture		
Mémorisation des mesures pour suivi médical		
Énergie nécessaire		
Design		
Fiabilité		
TOTAL		

À partir des critères du tableau comparatif 9 qu'il doit compléter, l'élève apprécie la supériorité d'un produit sur l'autre. *In fine*, il valide l'évolution du système, en correspondance avec la loi 4 d'augmentation du niveau d'idéalité. ■

En ligne

Ces travaux sont disponibles en téléchargement sur le site de l'académie de Versailles à l'adresse suivante :

www.sti.ac-versailles.fr/spip.php?article_122

9 Le tableau comparatif

Le déroulement de l'étude de cas

SÉQUENCE 1					
Type d'activités	Temps	Activités élève	Matériel et documentation	Fichier élève	Fichier professeur
Vocabulaire : environnement médical environnement technologique	2 heures	Recherche sur le mini-site	Pack Office, VLC, Firefox, Acrobat Reader Ressources numériques	Réponses sur questionnaire	Corrigé joint (répertoire <i>ad hoc</i>)
Manipulation des 2 supports		Expérimentation (prise de sa tension artérielle)	Stéthoscope + brassard Tensiomètre automatique Films (mini-site)		
Identification de la solution technologique innovante		Réflexion	QCM		
Identification du principe d'innovation		Réflexion	QCM		
SÉQUENCE 2					
Type d'activités	Temps	Activités élève	Matériel et documentation	Fichier élève	Fichier professeur
Câblage sur platine + expérimentation FlowCode	2 x 2 heures	Programmation Simulation d'algorithme Câblage Transfert sur platines	Logiciel FlowCode V4 Platines labdec Platines « pack USB FlowCode » Bornier à vis	Réponses sur questionnaire	Fichiers numériques des solutions joints
SÉQUENCE 3					
Type d'activités	Temps	Activités élève	Matériel et documentation	Fichier élève	Fichier professeur
Vocabulaire des lois d'évolution : • parties d'un système technique • reconnaissance des parties du tensiomètre • énergies en présence • parties d'un SA • augmentation du niveau d'idéalité	2 heures	Recherche Wikipédia Manipulation	Ressources numériques Tensiomètre automatique	Réponses sur questionnaire	Corrigé joint
Approche législative		Recherche site Afssaps	Ressources numériques		
TOTAL 8 HEURES					
COMPTE RENDU ET PRÉSENTATION DES RÉSULTATS					
Type d'activités	Temps	Activités élève	Matériel et documentation	Fichier élève	Fichier professeur
Restitution des résultats	2 h pour le groupe	Préparation du compte rendu	PowerPoint et vidéoprojecteur	Présentation à compléter	