

FORMATION STI2D

La chaîne d'information de A à Z

6. Mirici au service de l'Hemomixer

MICHEL RIBIERRE^[1]

Nous concluons cette série de six articles consacrés à la chaîne d'information dans les systèmes par une séquence pédagogique d'enseignement transversal de terminale STI2D ayant pour support l'automate de prélèvement sanguin Hemomixer.

L'automate de prélèvement sanguin Hemomixer

Nous possédons dans nos laboratoires d'enseignement transversal un certain nombre de systèmes didactisés parmi lesquels on trouve, dans de nombreux établissements, l'automate de prélèvement sanguin Hemomixer **1**. Cet automate, conçu et commercialisé par la société Hemopharm et utilisé dans le secteur médical à des fins de collecte de sang, a été didactisé par la société Didastel, qui en assure la diffusion auprès des établissements scolaires. Rappelons que ce système a

[1] Professeur d'électronique au lycée Dorian de Paris (75011).

Courriel : michel-geo.ribierre@ac-paris.fr.

Mots-clés

équipement didactique, information, pédagogie, travaux pratiques

déjà fait l'objet d'une présentation dans nos colonnes (V. Pérez, Ph. Bontemps, « Du sang neuf pour l'enseignement technologique », n° 176).

Voici donc les grandes lignes d'une séquence pédagogique d'enseignement transversal proposée à des élèves de terminale STI2D, consistant à étudier le fonctionnement de l'élément de la chaîne d'information intégrée à l'Hemomixer assurant la mesure du volume sanguin prélevé au donneur. La chronologie de cette séquence, qui se déroule sur quatre semaines consécutives, est donnée en **2**. Trois types d'activités pédagogiques distincts sont proposés : une étude de cas sur dossier technique,

des travaux dirigés et des travaux pratiques.

L'étude de cas sur dossier technique

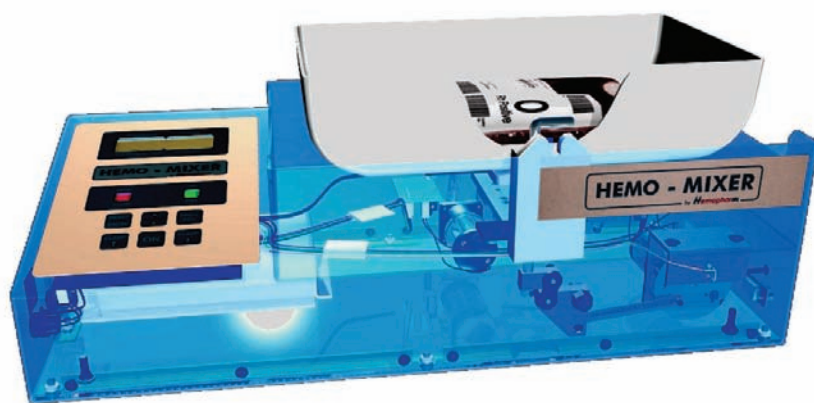
Le but poursuivi consiste à initier les élèves à la démarche de technologue consistant à prendre connaissance du dossier technique d'un système, à faire l'effort d'en lire l'intégralité, y compris les éléments dont ils n'ont pas besoin, voire qu'ils ne sont pas en mesure de comprendre, afin d'en extraire les seuls éléments nécessaires à la résolution de la problématique à laquelle ils sont confrontés.

Pour cela, on distribue aux élèves :
– deux documents de référence correspondant à des savoirs génériques liés à la chaîne d'information dans les systèmes (notés Ch. 3 et Ch. 6 sur la figure **2**) ;

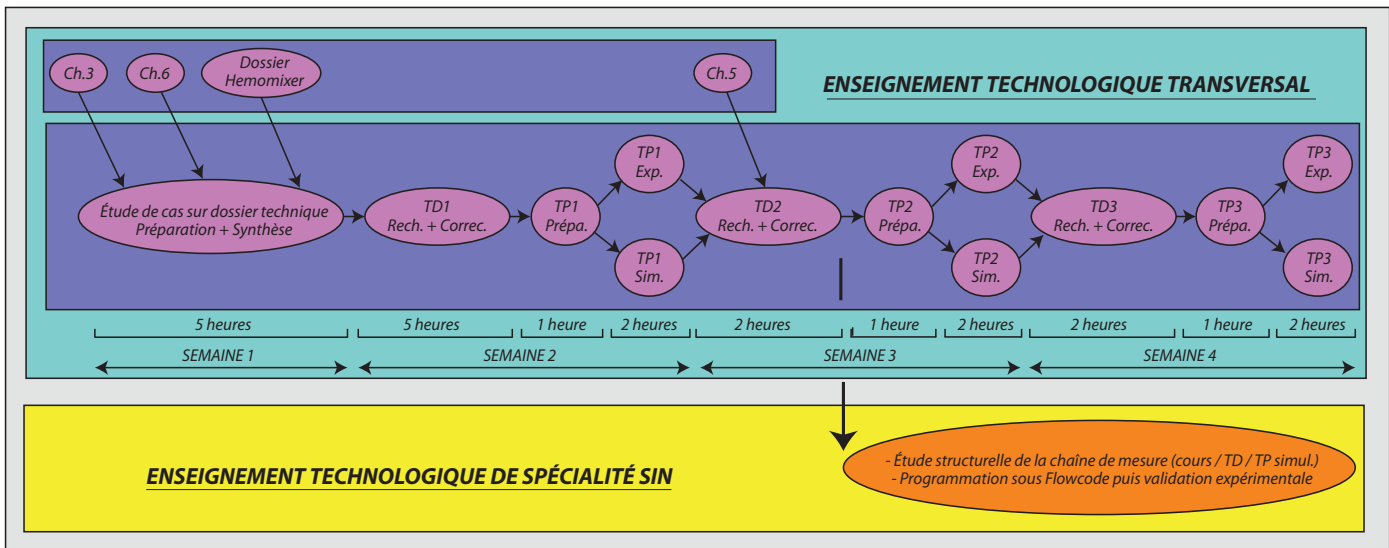
– l'intégralité du dossier technique de l'automate Hemomixer ;
– le questionnaire « Étude de cas sur dossier technique » auquel les élèves sont invités à répondre après lecture attentive des trois documents de référence cités précédemment.

Les élèves disposent d'au moins deux semaines pour prendre connaissance de l'ensemble des documents de référence et répondre chez eux, en autonomie, au questionnaire posé. Puis l'intégralité des cinq heures d'enseignement transversal de la semaine 1 est consacrée à sa correction.

La démarche consiste alors à inciter les élèves à faire le lien entre les informations techniques portées sur le dossier de l'Hemomixer et les connais-



1 L'automate de prélèvement sanguin Hemomixer



2 La chronologie de la séquence pédagogique

sances académiques apportées par les supports de cours.

On donne donc l'organisation fonctionnelle d'une chaîne d'information (savoirs génériques) **3**, le synoptique de la chaîne d'information de l'automate Hemomixer (dossier technique) **4**, et l'on demande d'identifier et de localiser sur le synoptique proposé par le constructeur les différentes fonctions canoniques d'une chaîne d'information **5**.

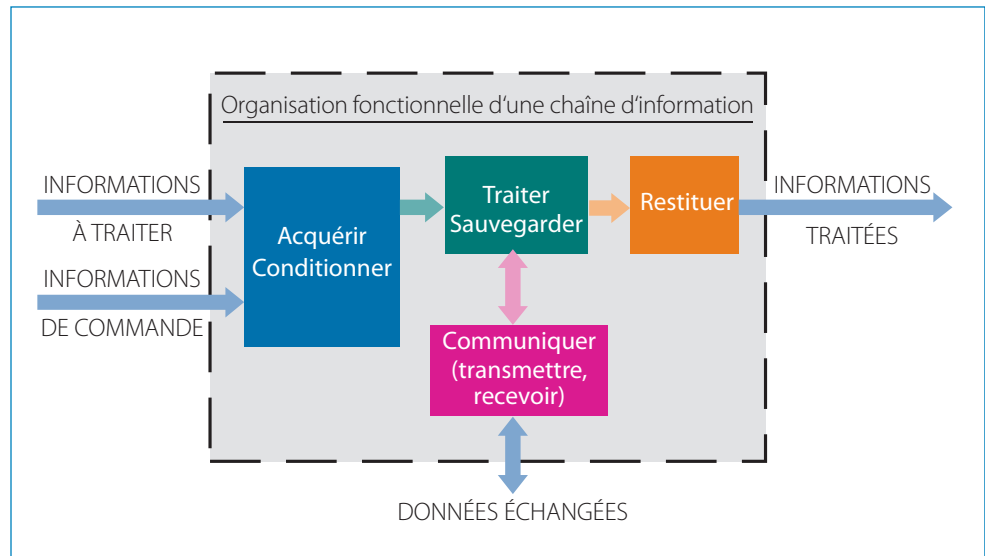
À un niveau d'investigation plus avancé, on donne le synoptique d'une fonction « acquérir – conditionner » générique **6**, et on demande, à partir de la lecture du dossier technique, de modifier ce synoptique conformément aux spécificités de l'automate Hemomixer **7**.

Enfin, cette étude de cas permettra de formaliser et localiser l'ensemble des signaux électriques supports de l'information « volume sanguin prélevé » à mesurer **8**.

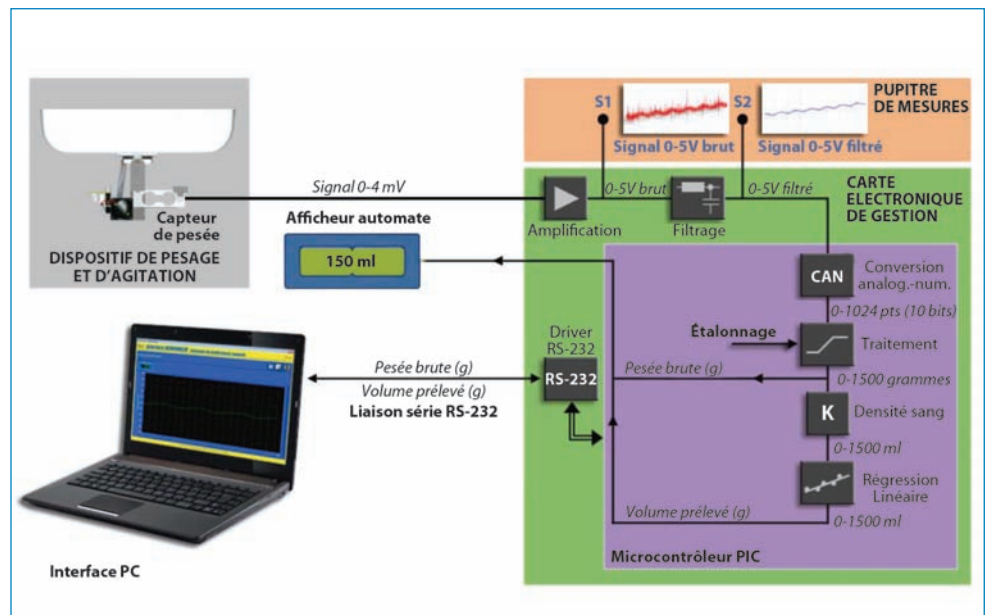
Les travaux dirigés

À ce stade, les élèves se sont imprégnés de l'architecture de la chaîne d'information de l'automate Hemomixer, et on leur propose dans un premier temps deux activités de travaux dirigés successives, au cours desquelles ils sont invités à concevoir les architectures fonctionnelles matérielle et logicielle de la chaîne de mesure du volume sanguin prélevé.

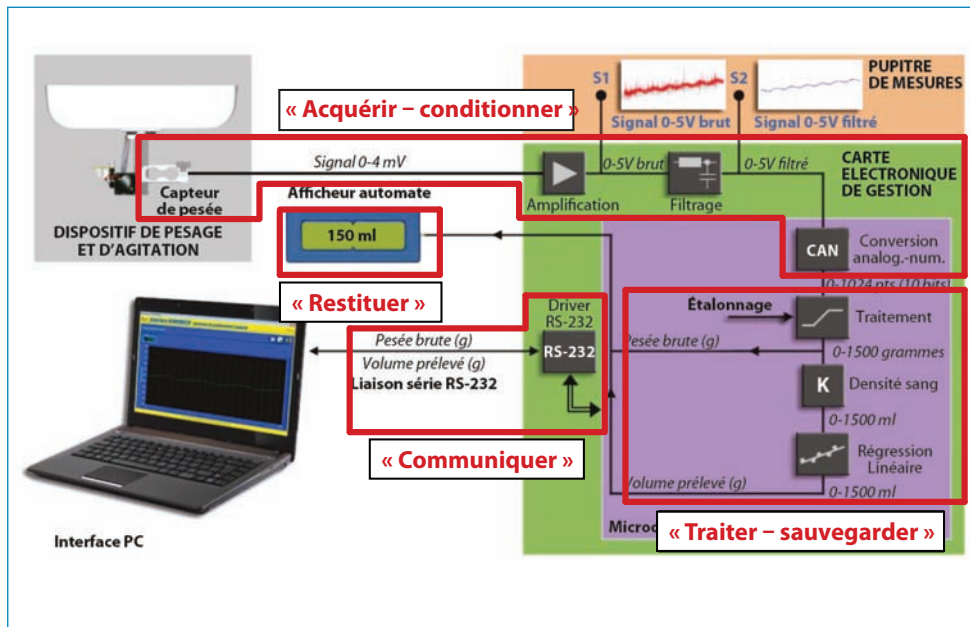
Durant ces TD, on procède à quelques apports de connaissances, on part de l'existant (tel qu'énoncé



3 L'organisation fonctionnelle d'une chaîne d'information (le cours)



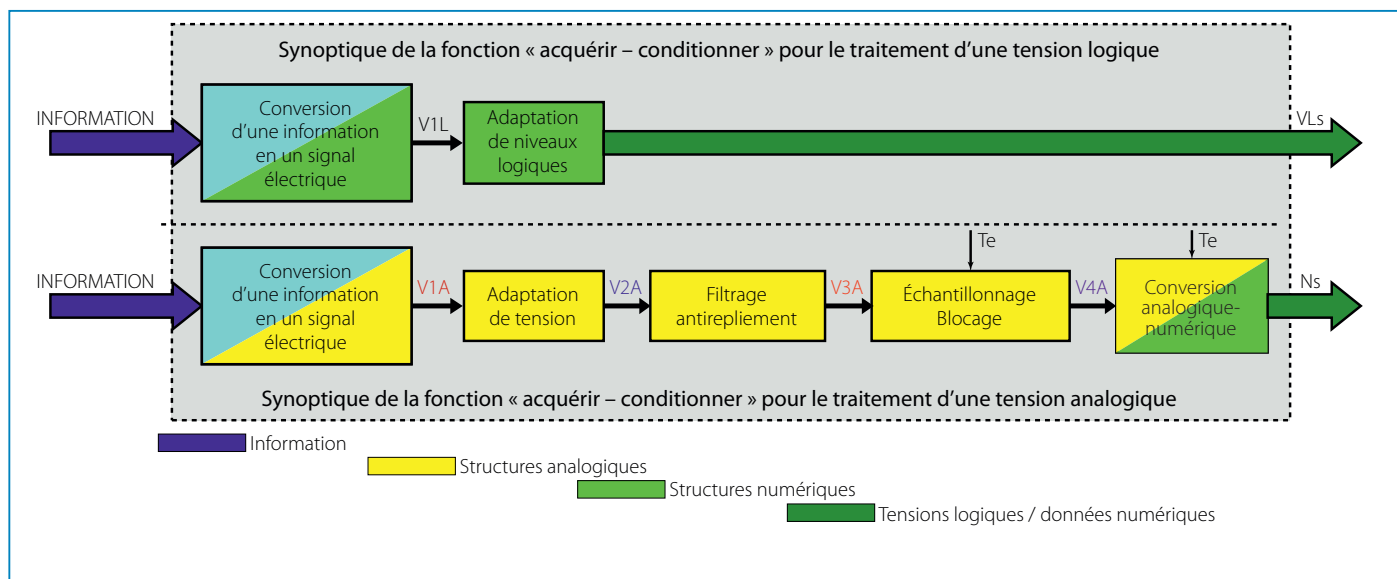
4 La chaîne d'information de l'Hemomixer (le dossier technique)



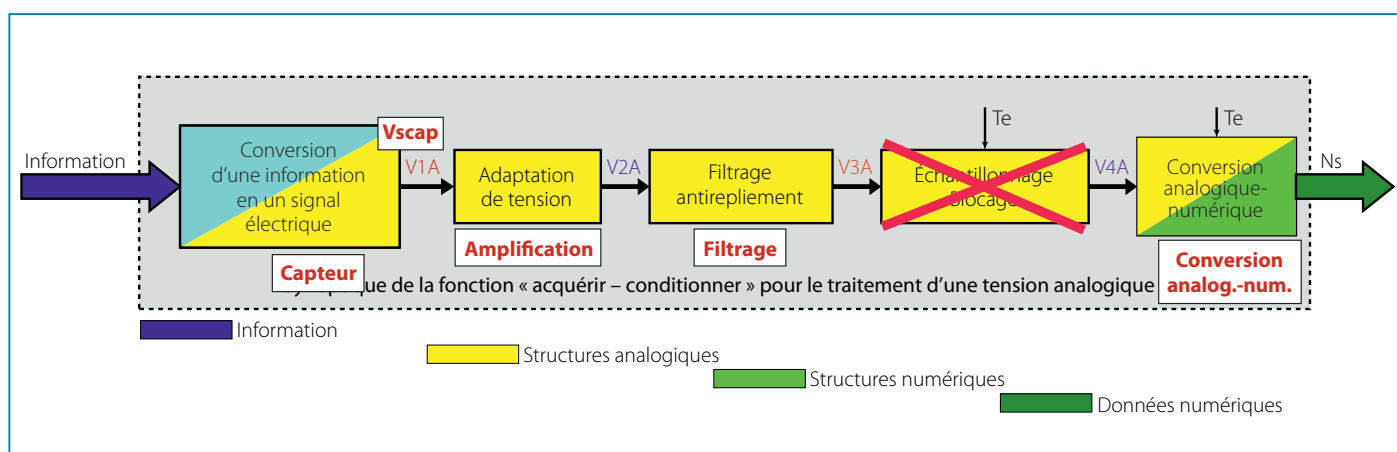
à l'issue de la phase d'étude de cas sur dossier technique), on réfléchit collectivement aux améliorations qui peuvent être apportées, et on finit par proposer, pour la chaîne d'information envisagée, une architecture fonctionnelle matérielle et logicielle strictement conforme à celle élaborée par le bureau d'études de la société Hemopharm.

Il s'agit là de faire prendre conscience aux élèves que, bien qu'ils ne soient pas spécialistes électroniques, il leur est possible, à l'aide de quelques apports de connaissances et d'un peu de bon sens logique, d'imaginer quel a été le raisonnement de l'ingénieur ayant eu en charge la conception de la chaîne d'information assurant la mesure

5 Le lien entre le cours et le dossier technique



6 Une fonction « acquérir - conditionner » générique



7 La fonction « acquérir - conditionner » associée à la chaîne d'information de l'Hemomixer

du volume sanguin prélevé. C'est ainsi qu'à partir de la modélisation d'un capteur à jauges de déformation générique **9** on en arrive à la modélisation du capteur de pesée intégré à l'Hemomixer **10**.

Cette modélisation conduit à mettre en évidence la nécessité d'ajouter au dispositif de mesure du volume sanguin prélevé un dispositif de *tarage*, ce qui permet d'établir l'architecture fonctionnelle matérielle finalement retenue par le concepteur **11**.

Puis, après avoir mis en évidence la nécessité d'introduire une procédure d'*étalonnage*, on établit l'architecture fonctionnelle logicielle de la chaîne de mesure du volume sanguin prélevé **12**, à laquelle on associe les algorithmes donnés en **13**.

L'objectif de la dernière activité de TD est triple, et consiste à justifier la raison pour laquelle le constructeur a choisi :

- de ne pas intégrer d'échantillonneur-bloqueur à la chaîne de mesure **7** ;
- de sélectionner le convertisseur analogique-numérique intégré au microcontrôleur plutôt qu'un convertisseur externe **4** ;
- de mettre en œuvre un convertisseur analogique-numérique de résolution 10 bits.

Si le dernier point est facilement justifiable, il en va différemment pour les deux premiers.

En effet, la justification des choix constructeur 1 et 2 nécessite la connaissance des caractéristiques temporelles du convertisseur analogique

numérique intégré au μC , ce que ne permet pas l'automate Hémomixer, y compris dans sa version didactisée par la société Didastel.

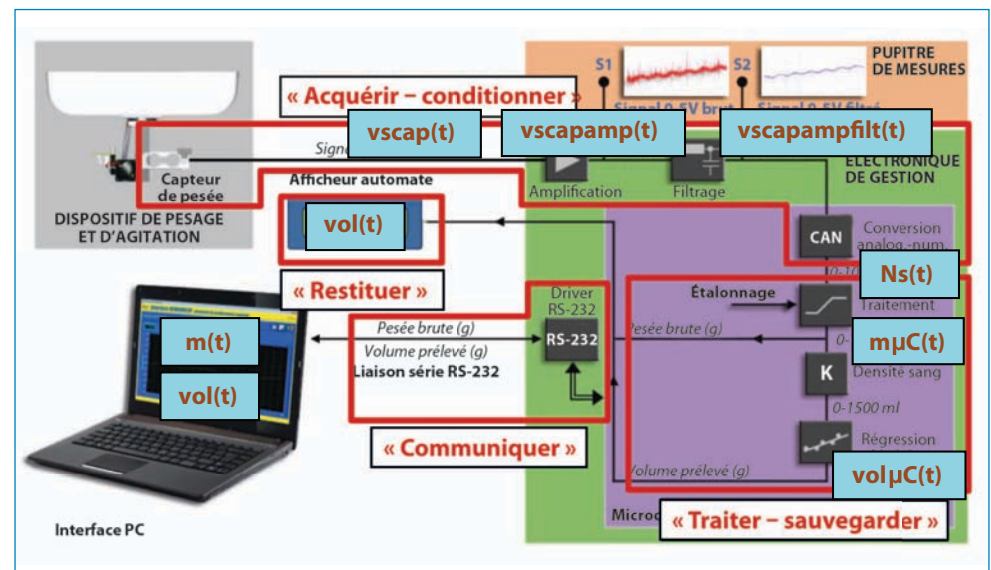
La mise en œuvre de la carte didactique Mirici permet de contourner le problème.

Les travaux pratiques

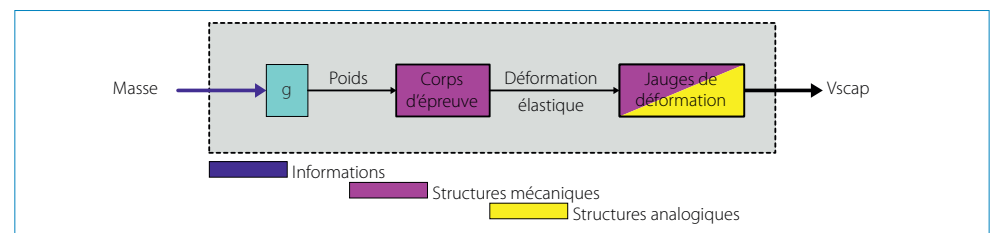
Les activités d'étude de cas sur dossier technique et de TD conduites jusqu'à maintenant permettent de caractériser *sur un plan purement formel* la

chaîne d'information intégrée à l'Hemomixer, et il apparaît indispensable de compléter la séquence pédagogique par des activités pratiques au cours desquelles les élèves pourront *vérifier expérimentalement* les différentes notions associées à la chaîne d'information étudiée.

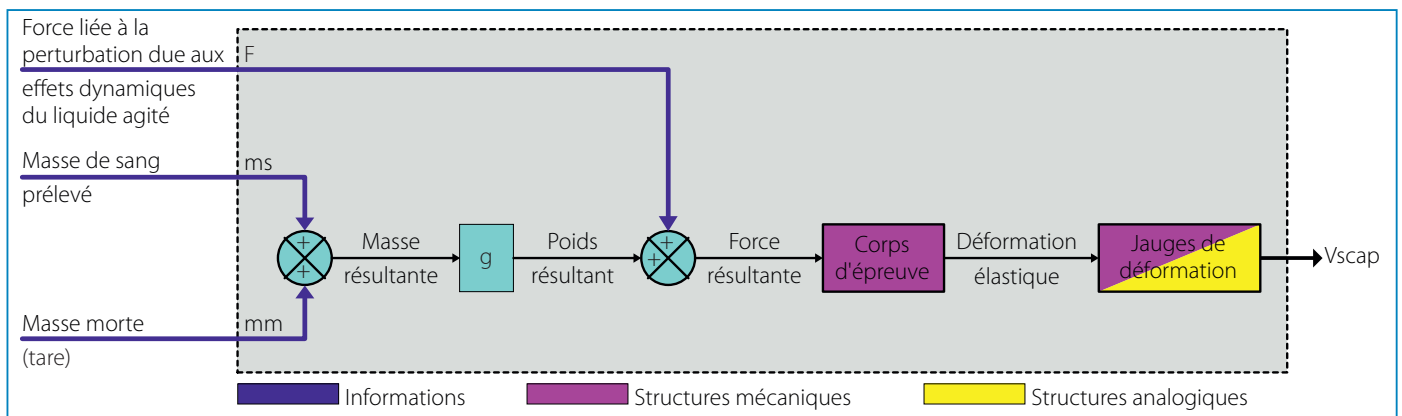
L'élément central de cette chaîne d'information est évidemment le CAN, dont le rôle consiste à convertir l'amplitude de la tension « $vscapampfilt(t)$ », significative du volume de sang



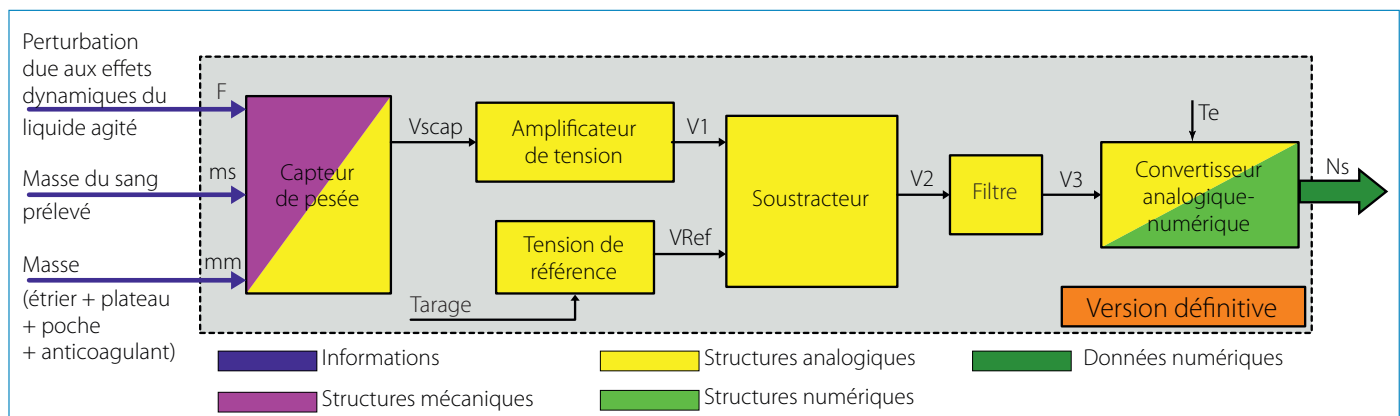
8 La localisation des différents signaux électriques supports de l'information à traiter



9 Un capteur de pesée à jauges de déformation générique



10 La modélisation du capteur de pesée intégré à l'automate Hemomixer



11 L'architecture fonctionnelle matérielle de la fonction « acquérir - conditionner »

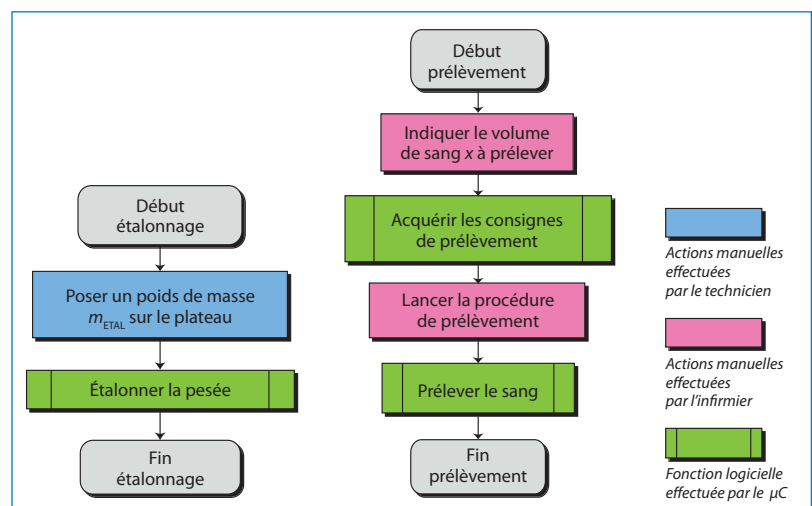
prélevé, en un nombre $N_s(t)$ qui, après traitement par le μC , sera converti en un nombre $vol(t)$ correspondant au volume de sang prélevé en temps réel et affiché sur l'écran de contrôle de l'Hemomixer 8.

L'objectif, dans un premier temps, est de donner aux élèves la possibilité de tracer la caractéristique de transfert $N_s = f(V_e)$ d'un CAN.

Par ailleurs, les TD ont permis de conclure que le constructeur pouvait effectivement omettre d'intégrer un échantillonneur-bloqueur à la chaîne d'information de l'Hemomixer 7, à condition que le temps de conversion du CAN choisi soit inférieur à 23 ms. On fixe donc un second objectif : mesurer expérimentalement la durée T_c mise par un CAN à convertir l'amplitude d'une tension V_e en un nombre N_s .

Enfin, puisqu'on dispose d'une carte didactique Mirici 14 intégrant en son sein quatre CAN distincts (intégré au μC pour l'un d'entre eux, et à interface de communication avec le μC , parallèle, série SPI ou série I²C pour les trois autres), on se propose de procéder à une étude comparative des caractéristiques temporelles de chacun des quatre convertisseurs, ce qui permettra de justifier définitivement le choix de convertisseur effectué par le constructeur de l'Hemomixer, point laissé en suspens à l'issue de la phase de TD.

Pour ce qui concerne l'aspect organisationnel, ne disposant pas d'autant de cartes Mirici que de binômes d'élèves, on propose de conduire simultanément deux activités pratiques



12 L'architecture fonctionnelle logicielle de la chaîne de mesure du volume sanguin

distinctes poursuivant les mêmes objectifs de formation 2 : une activité de TP d'expérimentation mettant en œuvre la carte Mirici, au cours de laquelle certains élèves caractérisent à l'aide des appareils de mesure les différents éléments de la fonction « acquérir - conditionner » d'une chaîne d'information, et une activité de TP de simulation où d'autres élèves caractérisent ces mêmes éléments, mais cette fois à l'aide d'un logiciel de simulation.

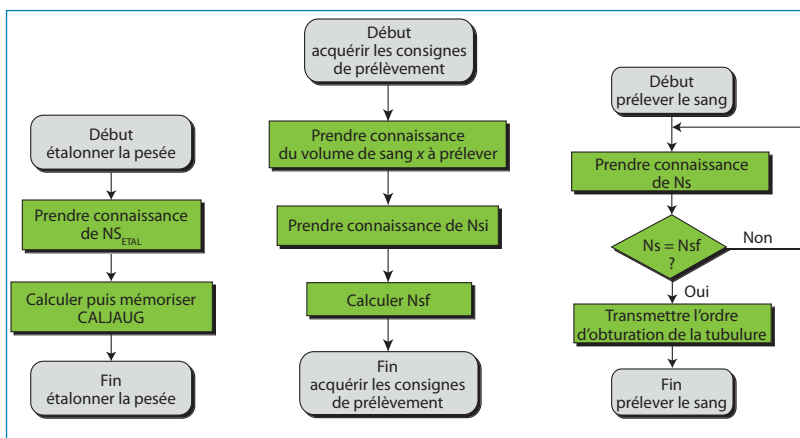
La séquence pédagogique comportant trois activités de TP, on fera évidemment en sorte que chaque binôme effectue au moins un TP d'expérimentation et un TP de simulation. Les trois activités de TP proposées portent sur la mise en œuvre des CAN :

- à interface de communication parallèle (TP1) ;
- à interface de communication série SPI (TP2) ;

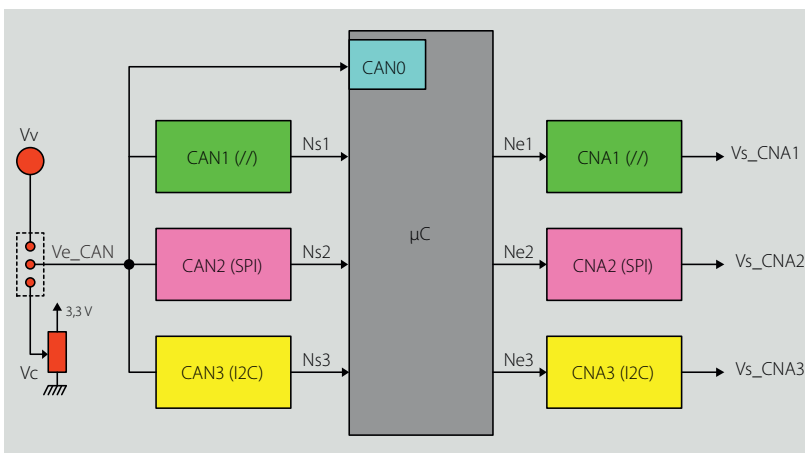
- à interface de communication série I²C ainsi qu'intégré au μC (TP3).

À l'issue de ces trois activités pratiques, les élèves peuvent confronter leurs résultats de mesure et/ou de simulation 15, constater que même le plus lent des CAN (celui intégré au μC) autorise une durée séparant deux conversions AN successives (période d'échantillonnage T_e) très largement inférieure à 23 ms, et justifier des points de vue technique et économique la raison pour laquelle le constructeur a choisi de mettre en œuvre le CAN intégré au μC de la carte, d'une part, et de ne pas intégrer d'échantillonneur-bloqueur d'autre part.

Signalons qu'il est envisageable, à l'issue de la phase de TD n° 2, et dans le cadre des enseignements de spécialité SIN 2, de proposer deux activités distinctes et complémentaires, en liaison avec la séquence



13 Les algorithmes du programme de gestion de la chaîne de mesure du volume sanguin prélevé



14 Le synoptique simplifié de la carte Mirici

pédagogique d'enseignement transversal présentée ici :

- Les schémas structurels de la carte de gestion de l'automate Hemomixer sont fournis par Didastel, et leur niveau de complexité est tout à fait compatible avec les connaissances définies par le référentiel de l'option SIN. C'est pourquoi les élèves l'ayant choisie pourront, après avoir caractérisé, dans le cadre des enseignements transversaux, la chaîne d'information de l'automate sur les plans *fonctionnel* et *comportemental*, parfaire leur formation par une étude *structurelle*.
- Les algorithmes des programmes de gestion des CAN sont fournis par l'équipe enseignante, dans le cadre des enseignements transversaux, et il peut sembler judicieux de proposer à des élèves ayant choisi la spécialité SIN une séquence de *développement logiciel* au cours de laquelle, à

l'aide du logiciel de programmation graphique FlowCode pour µC AVR, ils programmeront eux-mêmes le µC.

Conclusion

La séquence proposée ici va bien au-delà de l'étude et de la mise en œuvre d'une chaîne d'information, puisqu'elle permet également d'aborder la façon dont on transmet une donnée numérique par liaison parallèle ou série, et, dans ce dernier cas, selon le standard SPI ou I²C, thématique liée à la transmission de l'information que l'on retrouve dans de nombreux dispositifs électroniques.

Les modes d'apprentissage sont variés, avec des phases pendant lesquelles les élèves, en toute autonomie, à la maison, sont invités à prendre connaissance de supports de cours ainsi que de documents techniques, puis à s'en approprier le contenu, activités sensées favoriser leur capacité

En ligne

On trouvera l'ensemble des ressources associées à cette séquence sur le portail de l'académie de Paris ainsi que sur le portail du Réseau national de ressources STI (hébergé par Eduscol depuis le 5 février) :

www.ac-paris.fr/portail/jcms/p1_99900/accueil
 (« Séquence d'ETT sur la chaîne d'information avec la carte MiriCi »)

<http://eduscol.education.fr/sti/>
 (taper « mirici » dans le champ de recherche)

Hemopharm :

www.hemopharm.fr

Didastel :

www.didastel.fr

	CAN parallèle (CAN1)	CAN série SPI (CAN2)	CAN série I ² C (CAN3)	CAN intégré (CAN0)
Te (µs)	7,4	12,1	83,7	111,9
fe (kHz)	135,6	82,5	11,9	8,9
Débit (kSPS)	135,6	82,5	11,9	8,9

15 Les caractéristiques temporelles des différents CAN

à appréhender un système d'un point de vue technologique. La séquence fait également une large place aux activités de travaux dirigés, instants privilégiés pendant lesquels l'enseignant peut très rapidement déceler les difficultés rencontrées par tel ou tel élève et l'aider à y remédier de façon quasi immédiate. Par ailleurs, les activités de travaux pratiques proposées, qui combinent expérimentation à l'aide d'appareils de mesure et simulation logicielle, et ce, pour des structures tant matérielles que logicielles, doivent permettre à tous ceux qui ont besoin de voir, toucher, manipuler pour comprendre et mémoriser de s'épanouir.

Enfin, il s'agit de montrer aux élèves que ce n'est pas parce qu'on est en séance d'enseignement transversal que ce qu'on fait doit être moins intéressant qu'en enseignement de spécialité. ■