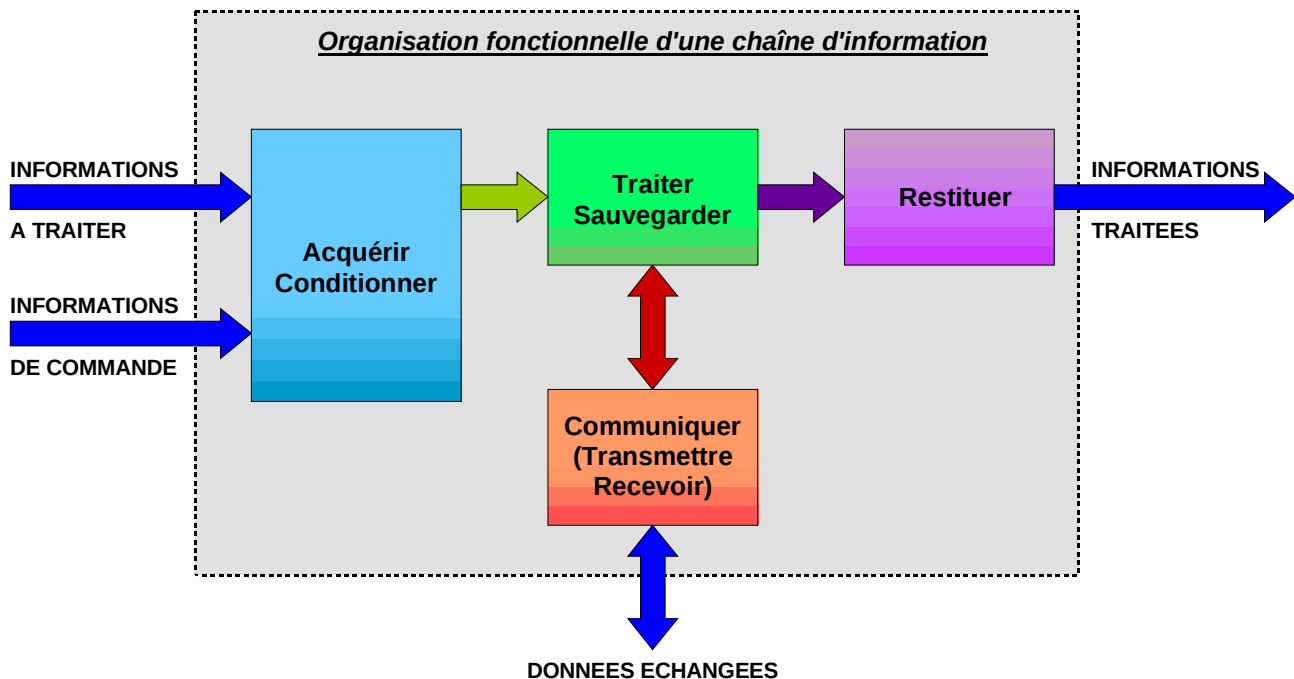


Chap3_Eleve.docx

1. L'ORGANISATION FONCTIONNELLE D'UNE CHAÎNE D'INFORMATION : RAPPEL

On rappelle ci-dessous l'organisation fonctionnelle d'une chaîne d'information :



Nous allons étudier, d'un point de vue fonctionnel, chacun des quatre blocs qui constituent cette chaîne d'information, en proposant un synoptique de chacun d'entre eux.

1.1. Synoptique de la fonction « Traiter – Sauvegarder »

Comme nous l'avons précisé au chapitre 2 (§4.1 page 4 sur 6), cette fonction remplit un triple rôle :

- acquérir les signaux électriques supports des informations d'entrée (à traiter ou de commande) et élaborer, conformément à un programme préalablement mémorisé, les signaux électriques associés aux informations de sortie attendues,
- permettre la sauvegarde de données temporaires nécessaires à la bonne exécution du programme,
- autoriser l'échange de données avec un autre système ou bien la prise de contrôle par un organe de commande externe et distant.

La caractérisation des signaux électriques gérés par la fonction « Traiter- Sauvegarder »

D'un point de vue technologique, cette fonction est réalisée à partir d'un **microcontrôleur**, que l'on notera par l'abréviation **µC**.

Le microcontrôleur est un composant de technologie **numérique**, et il n'accepte en entrée, **que des tensions logiques** (voir §3.2 du chapitre 1). De la même façon, il ne délivre en sortie **que des tensions logiques**.

Par ailleurs, ce composant s'alimente à l'aide d'une source de tension d'alimentation que l'on désigne souvent par le terme **Vcc** ou **Vdd**, qui peut valoir, selon les modèles, **1.8V**, **2.7V**, **3.3V** ou **5V**.

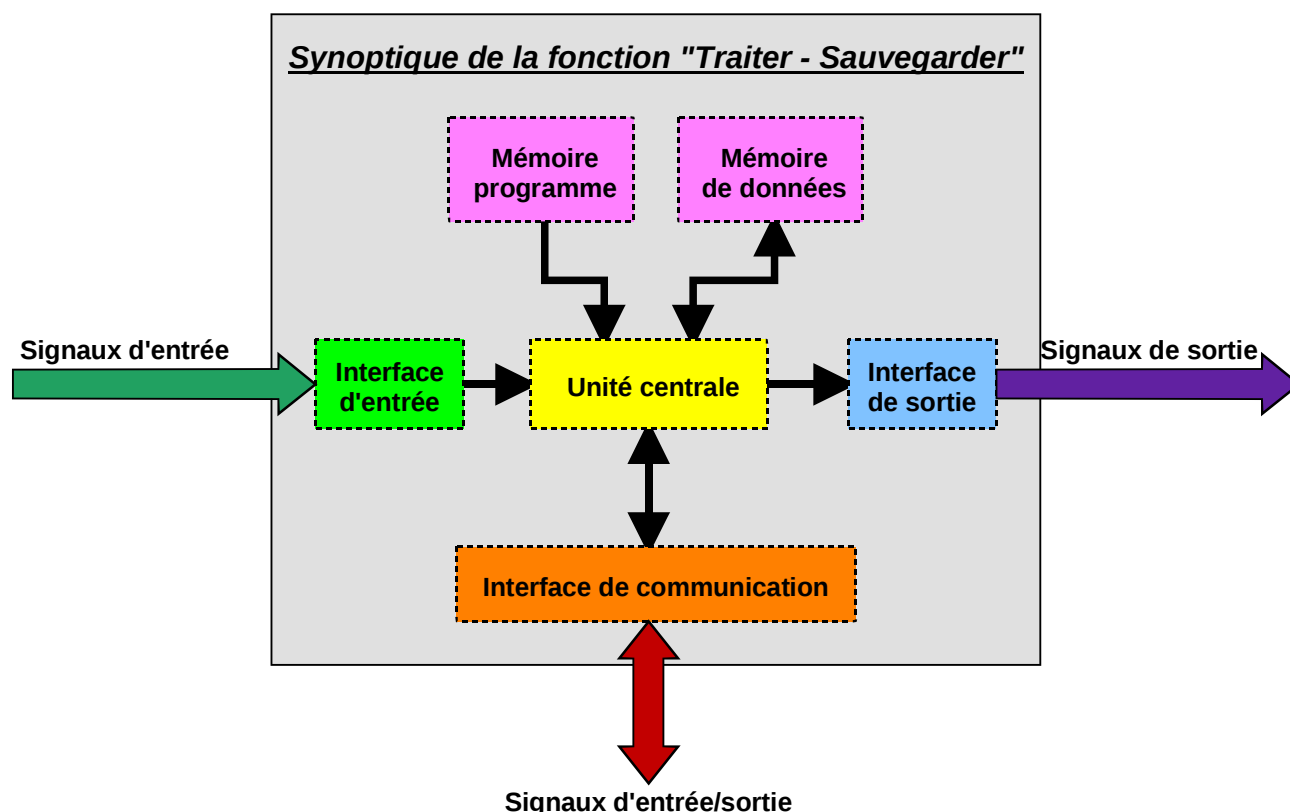
Considérons un microcontrôleur tel que celui que nous allons mettre en œuvre en TP, alimenté sous une tension de 3,3V.

La documentation constructeur de ce μC indiquera :

- pour porter une broche d'entrée au niveau haut, il faut lui appliquer une tension continue d'amplitude 3,3V,
- pour porter une broche d'entrée au niveau bas, il faut lui appliquer une tension continue d'amplitude 0V,
- une broche de sortie au niveau haut délivre une tension continue d'amplitude 3,3V,
- une broche de sortie au niveau bas délivre une tension continue d'amplitude 0V.

Un microcontrôleur alimenté sous une tension V_{cc} (ou V_{dd}), n'accepte en entrée que des tensions logiques d'amplitude 0V au niveau bas et V_{cc} (ou V_{dd}) au niveau haut. De la même façon, un microcontrôleur ne délivre en sortie que des tensions logiques d'amplitude 0V et V_{cc} (ou V_{dd}).

On propose ci-dessous, un synoptique simplifié de la fonction « **Traiter – Sauvegarder** » :



L'unité centrale est généralement notée **CPU** (**Central Processing Unit**) en anglais.

L'unité centrale peut sauvegarder des données dans la mémoire de données, qu'elle peut ensuite relire ; on dit que la mémoire de données est **accessible en lecture et en écriture**, d'où le caractère bidirectionnel de la liaison [unité centrale $\leftrightarrow$ mémoire de données].

En revanche, l'unité centrale n'accède à la mémoire programme que pour aller y chercher les différentes instructions constitutives du programme à exécuter ; on dit que la mémoire programme **n'est accessible qu'en lecture seule**, d'où la liaison unidirectionnelle [mémoire programme $\rightarrow$ unité centrale].

L'interface d'entrée et l'interface de sortie constituent une seule et unique interface que l'on qualifie d'**interface d'entrée/sortie**, et que l'on note par l'abréviation **I/O** (**Input/Output**) en anglais.

1.2. Synoptique de la fonction « Communiquer »

Il est temps, à ce stade, de justifier la différence entre les termes « **INFORMATIONS** » et « **DONNEES** » associés à l'organisation fonctionnelle de la chaîne d'information rappelée page 1 de ce chapitre.

Reprenons l'exemple de la centrale domotique.

Les informations à traiter correspondent à :

- la grandeur physique θ exprimée en °C correspondant à la température ambiante,
- l'information faisant état de la présence ou non d'intrus dans la maison,

Les informations de commande correspondent à :

- l'action manuelle consistant à régler la température ambiante souhaitée dans la maison,
- l'action manuelle correspondant à composer le code de validation ou d'invalidation de l'alarme.

Les informations traitées correspondent à :

- la présence ou non d'un signal sonore d'alarme significatif de la présence ou non d'intrus,
- la production régulée d'énergie calorifique permettant de maintenir la température ambiante autour de la valeur souhaitée.

Ce qui caractérise toutes ces informations, est le fait qu'elles se situent soit en entrée de capteurs, soit en sortie de transducteurs électrique→optique ou électrique→sonore.

Interrogeons-nous maintenant sur la nature des « **informations** » échangées par la centrale domotique.

Il peut s'agir :

- de consignes transmises via internet ou le réseau téléphonique mobile, consécutives aux scénarios « je suis actuellement en vacances au ski, et alors que jusqu'à maintenant, j'avais sélectionné la commande de chauffage « hors gel », je souhaite que demain soir à 20 heures, lorsque je serai de retour, la température ambiante dans mon appartement soit de 18°C », ou bien « puisque je suis connecté chez moi, je vais en profiter pour positionner la caméra sur l'aquarium afin de voir si les poissons vont bien »,
- de la réponse de la centrale domotique aux consignes transmises par le propriétaire, c'est-à-dire un accusé de réception confirmant qu'elle a bien pris en compte la demande de modification de la consigne de température, ainsi que la transmission des images de l'aquarium souhaitées

Ces informations ne sont pas de la même nature que les informations à traiter, de commande ou traitées, puisqu'elles ne se situent géographiquement parlant, ni en entrée de capteurs, ni en sortie de transducteurs, mais au niveau du point d'accès (prise RJ11 pour le réseau téléphonique, RJ45 ou USB pour internet, ...) permettant de raccorder la centrale à l'organe de prise de commande à distance (téléphone mobile ou ordinateur).

Pour autant, ces informations ne peuvent pas être qualifiées de signaux électriques, même si c'est bien le cas, d'un point de vue physique : dire que deux systèmes s'échangent des signaux électriques est évidemment aberrant !

Cette digression étant terminée, revenons à notre sujet.

Comme le précise le synoptique de la page précédente, tout μC possède au moins une interface de communication bidirectionnelle permettant d'échanger des **données** avec un autre système.

Afin de rendre leurs systèmes les plus communicants possible, c'est-à-dire afin d'améliorer leur **interopérabilité**, les constructeurs n'ont aucun intérêt à développer des protocoles de communication propriétaires, mais choisissent au contraire, des protocoles de communication normalisés.

Nous citons ici quelques normes et protocoles de communication usuels :

- la liaison série **RS232**,
- la liaison **RS485** (version améliorée de la liaison RS232),

- la liaison série **SPI**,
- le bus série **I2C**,
- le bus série **USB**,
- le bus série **FireWire**,
- les bus **CAN**, **VAN**, **LIN** et **FlexRay** utilisés en électronique automobile,
- le protocole **Ethernet (802.3)** et ses versions sans fil **WiFi (802.11)** et **Bluetooth (802.15)**.

Chaque constructeur de μC ne propose que quelques modèles de μC distincts, caractérisés par des architectures internes et des « cœurs », c'est-à-dire des unités centrales bien distincts.

En revanche, chaque modèle est décliné en de très nombreuses versions, qui diffèrent les unes des autres certes par leurs capacités mémoire interne, mais aussi et surtout par le type d'interfaces de communications qu'ils intègrent.

C'est pourquoi on trouvera, pour un même modèle de μC , des versions équipées d'interfaces de communication de type CAN ou LIN intégrés, spécialement dédiées à l'électronique embarquée, ou bien d'autres versions équipées d'interface de communication I2C que l'on retrouvera massivement dans les dispositifs grand public, etc etc etc.

Par conséquent, deux cas peuvent se présenter :

- soit le μC est équipé de l'interface de communication retenue pour l'architecture de communication inter-systèmes, cas auquel le bloc « **Communiquer** » de l'organisation fonctionnelle de la chaîne d'information (voir schéma page 1) n'existe pas,
- soit, inversement, le μC n'est pas équipé de l'interface de communication souhaitée, cas auquel le bloc « **Communiquer** » correspond à un adaptateur [*interface de communication μC ↔ interface de communication inter-systèmes*].

1.3. Synoptique de la fonction « Acquérir – Conditionner »

Puisque, comme il a été précisé page 1, le μC n'accepte en entrée que des tensions logiques, le synoptique de la fonction « **Acquérir - Conditionner** » sera forcément différent selon que le signal électrique support de l'information à traiter est **une tension logique VL** ou une **tension analogique VA**.

Ce synoptique est donné page suivante.

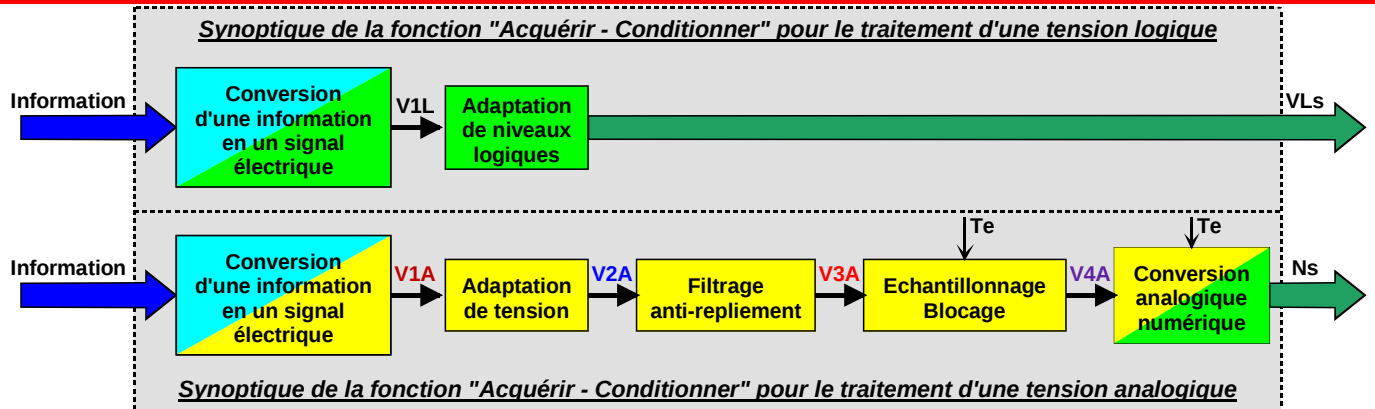
1.3.1. La fonction « Acquérir – Conditionner » appliquée à une tension logique VL

Le capteur, qui réalise la fonction « **Conversion d'une information en un signal électrique** » délivre sur sa sortie une tension V_{1L} dont l'amplitude des niveaux logiques bas et haut n'est pas nécessairement égale respectivement à 0V et V_{cc} .

Par ailleurs, la tension V_{1L} peut être entachée de bruit (tensions parasites qui viennent se superposer à la tension « utile ») qui doit être éliminé.

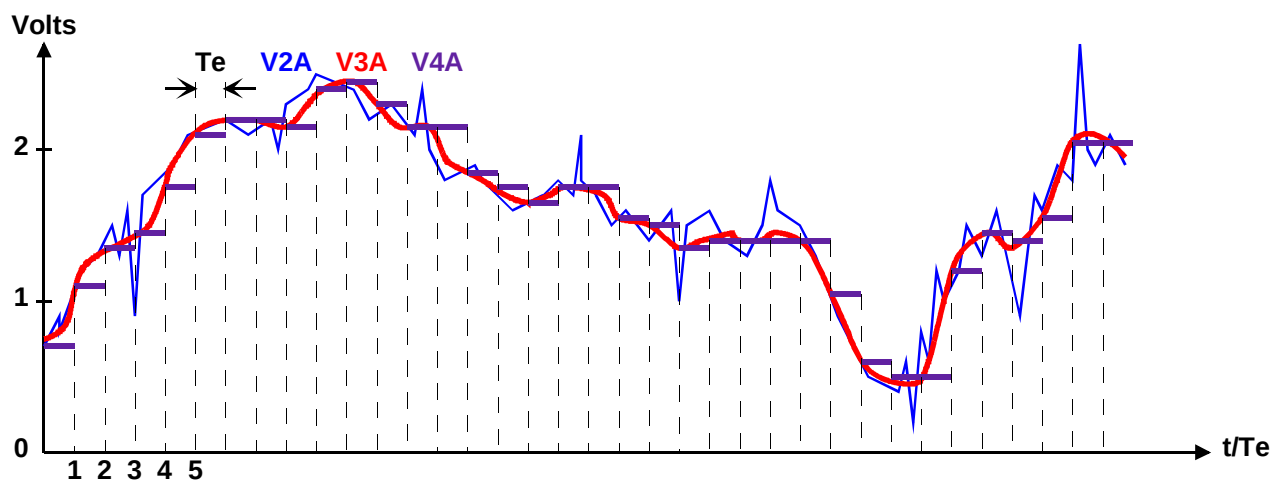
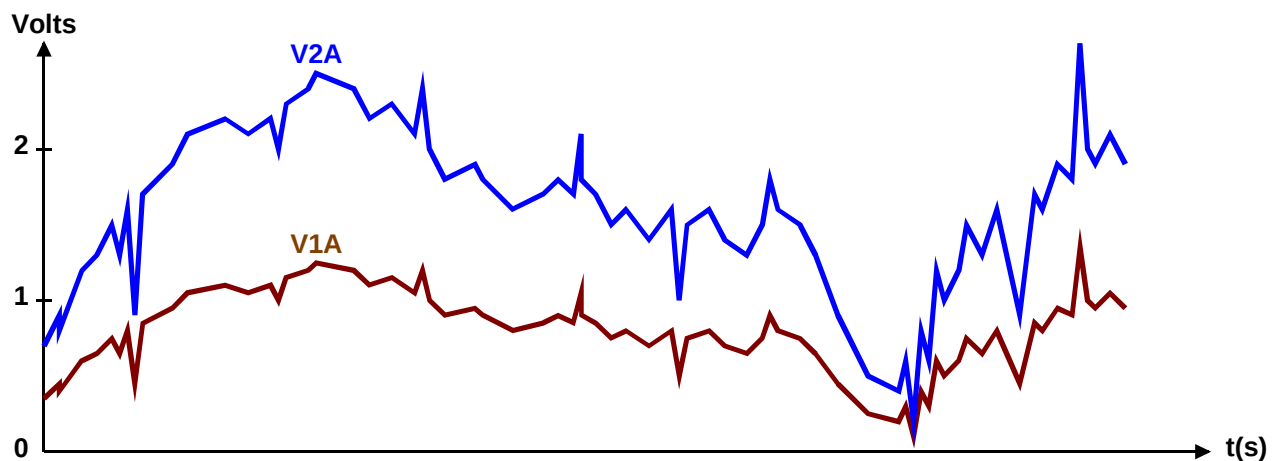
La fonction « Adaptation de niveaux logiques » remplit donc un double rôle :

- adapter l'amplitude des niveaux logiques de la tension **V_{1L}** issue du capteur aux valeurs 0V et V_{cc} imposées par le μC ,
- éliminer, par une opération de filtrage, le bruit qui vient se superposer à la tension utile à traiter.



1.3.2. La fonction « Acquérir – Conditionner » appliquée à une tension analogique VA

L'évolution temporelle des tensions V1A à V4A est donnée ci-dessous :



Fonction « **Adaptation de tension** »

Comme nous le verrons plus tard, la fonction « **Conversion analogique-numérique** » est prévue pour fonctionner avec des tensions d'entrée V_{4A} comprises entre une valeur minimale et une valeur maximale, et il faudra faire en sorte que compte tenu des variations de la tension de sortie de capteur V_{1A} , la tension V_{2A} évolue effectivement entre ces valeurs minimale et maximale.

Supposons que la fonction « **Conversion analogique-numérique** » soit prévue pour fonctionner avec des tensions d'entrée V_{4A} comprises entre 0V et 3.3V.

Supposons maintenant que dans l'application considérée, la tension V_{1A} issue du capteur varie entre 0V et 1.65V.

Il faudra donc que la fonction « **Adaptation de tension** » soit conçue de telle façon que $V_{2A} = 2.V_{1A}$, ce qui correspond à un **amplificateur de tension de coefficient d'amplification égal à 2**.

On pourra d'ailleurs constater sur les oscillogrammes proposés, que cette relation est bien vérifiée.

Fonction « **Filtrage anti-repliement** »

La fonction exacte remplie par ce filtre, ainsi que la justification de sa dénomination « **anti-repliement** » seront données au chapitre 7.

Considérons pour l'instant, ce qui d'ailleurs n'est pas inexact, que cette fonction permet de limiter l'amplitude du bruit qui vient se superposer au signal utile.

En effet, si l'on regarde attentivement la tension V_{2A} , on constate qu'elle présente à certains instants, des « pics de tension » positifs ou négatifs, qui ne correspondent pas au signal utile, mais à du bruit.

Et l'on constate que la tension V_{3A} correspond bien à ce signal utile : la fonction « **Filtrage anti-repliement** » remplit donc bien son rôle consistant à soustraire le bruit du signal utile.

Fonction « **Echantillonnage-Blocage** »

L'opération « **d'échantillonnage** » consiste à prélever à intervalles de temps réguliers que l'on appelle **période d'échantillonnage** et que l'on note T_e , l'amplitude de la tension V_{3A} .

L'opération de « **blocage** » consiste à maintenir la tension de sortie V_{4A} constante pendant toute la durée correspondant à la période d'échantillonnage T_e .

La tension V_{4A} est donc constituée de « marches d'escalier » de profondeur élémentaire égale à T_e , et de hauteur variable.

Fonction « **Conversion analogique-numérique** »

Cette fonction **fondamentale** sera étudiée plus en détails ultérieurement.

On peut néanmoins justifier sa présence de la façon suivante : puisque le μC n'accepte en entrée, que des tensions logiques, la fonction « **Conversion analogique-numérique** » va se charger de convertir l'amplitude de la tension analogique d'entrée V_{4A} en un nombre N_s dont la valeur sera d'autant plus élevée que l'amplitude de la tension V_{4A} sera élevée.

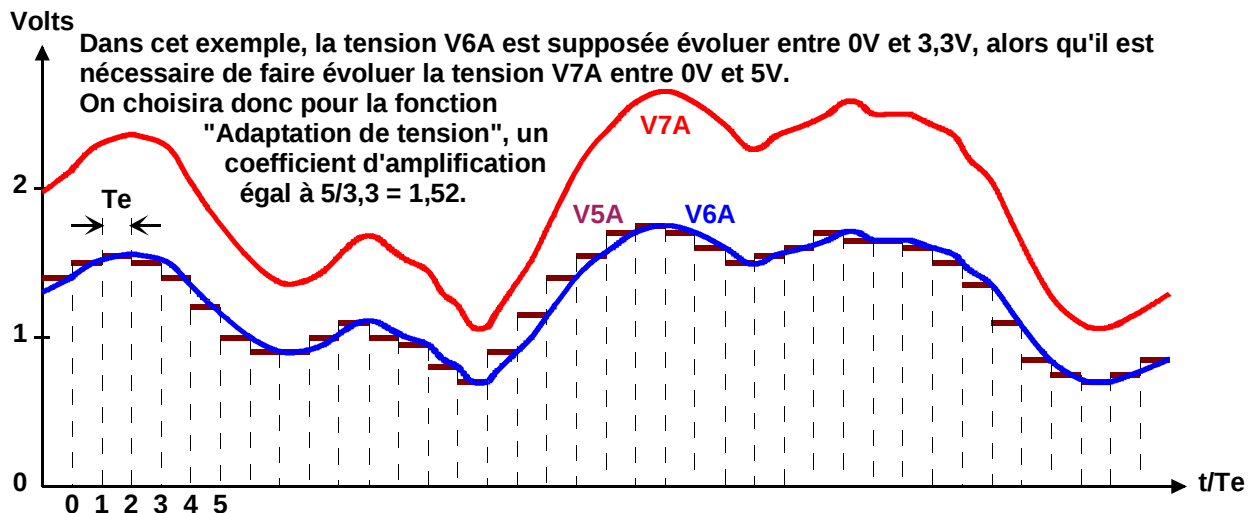
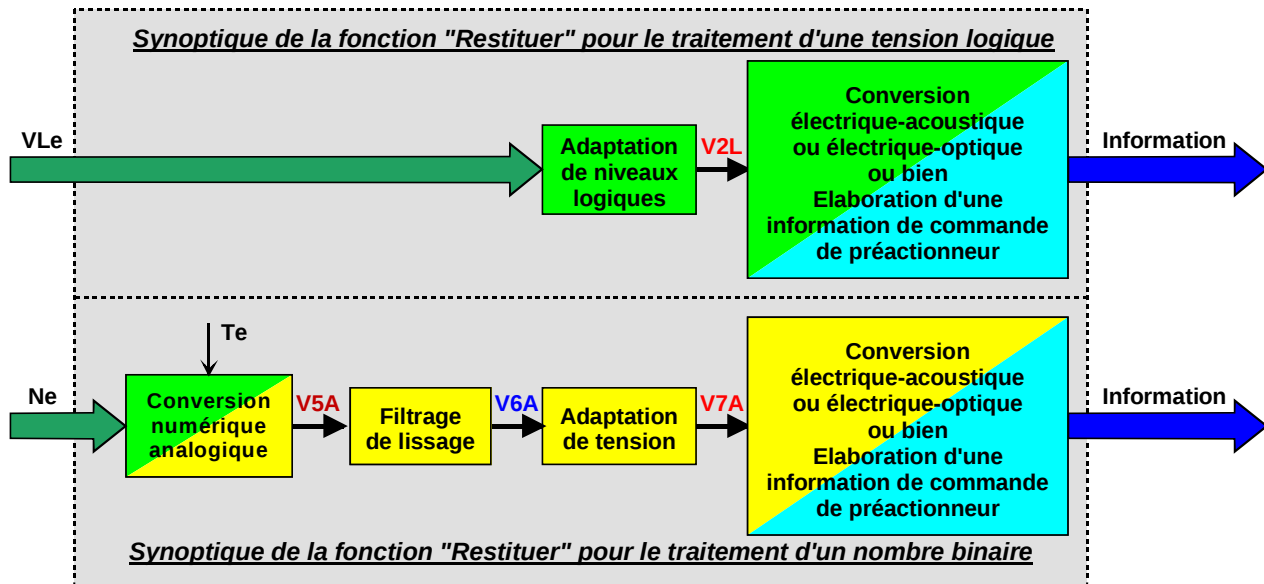
Ce nombre N_s est exprimé en binaire, sur un nombre fini de bits, qui pourront, pour chacun d'entre eux, prendre la valeur 0 ou 1, et qui physiquement, seront associés à des tensions logiques d'amplitude 0V ou V_{cc} parfaitement compatibles avec l'interface d'entrée d'un μC .

D'un point de vue technologique, le composant réalisant une fonction « **Conversion analogique-numérique** » est un **convertisseur analogique-numérique**. Ce composant ne convertit pas instantanément l'amplitude d'une tension d'entrée en un nombre de sortie, mais il met « une certaine durée », pendant laquelle, il est nécessaire que sa tension d'entrée soit artificiellement maintenue constante : c'est la raison pour laquelle on fait toujours précéder une fonction « **Conversion analogique-numérique** » par une fonction « **Echantillonnage-Blocage** ».

Précisons enfin, que c'est le μC qui se charge de déclencher, toutes les périodes d'échantillonnage T_e , les opérations simultanées d'échantillonnage-blocage et de conversion analogique-numérique.

1.4. Synoptique de la fonction « Restituer »

On donne ci-dessous la synoptique de la fonction « Restituer » ainsi que l'évolution temporelle des tensions V5A à V7A :

1.4.1. La fonction « Restituer » appliquée à une tension logique VL

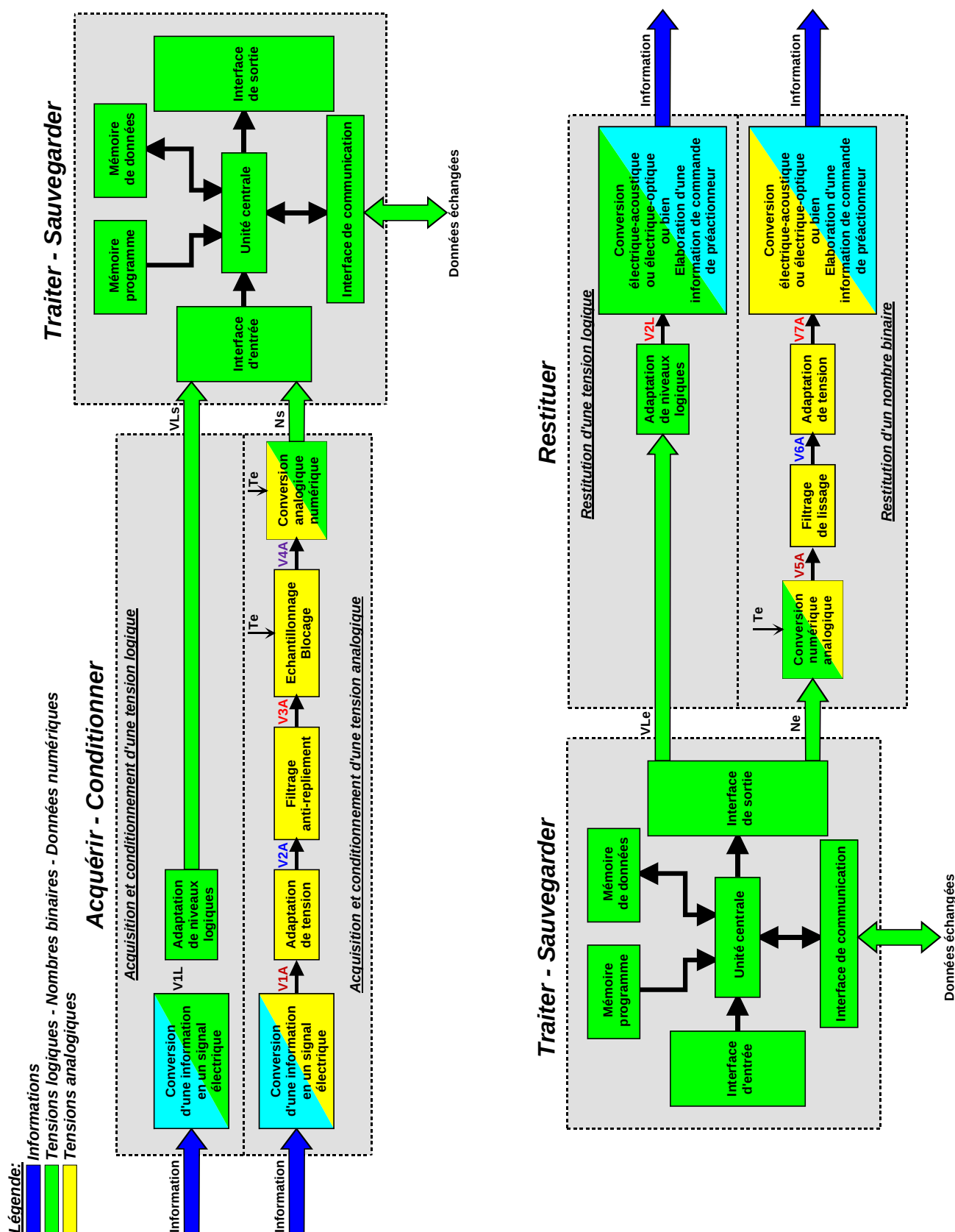
La fonction « **Adaptation de niveaux logiques** » permet d'adapter l'amplitude des niveaux logiques de la tension logique de sortie VLe du μC à des valeurs compatibles avec les contraintes de la fonction « **Conversion électrique-acoustique ou électrique-optique ou bien Elaboration d'une information de commande de préactionneur** ».

1.4.2. La fonction « Restituer » appliquée à un nombre binaire N

La fonction « **Conversion numérique-analogique** » délivre une tension $V5A$ « en marches d'escalier » de profondeur élémentaire égale à Te , et de hauteur variable. L'amplitude de chaque marche d'escalier est directement proportionnelle à la valeur du nombre binaire Ne délivré par le μC .

La fonction « **Filtrage de lissage** » élimine les discontinuités de $V5A$, et la fonction « **Adaptation de tension** » permet d'adapter l'amplitude de $V7A$ aux valeurs attendues.

2. SYNOPTIQUE COMPLET D'UNE CHAÎNE D'INFORMATION : SYNTHESE



3. LEXIQUE

Enfin pour terminer, un lexique regroupant l'ensemble des terminologies vues jusqu'à présent :

Fonction	Structure (en français)	Structure (en anglais)
Conversion d'une information en un signal électrique	Capteur	Sensor
Adaptation de niveaux logiques ou adaptation de tension	Amplificateur - Atténuateur - Additionneur - Soustracteur	Amplifier - Attenuator - Adder - Differential amplifier
Filtrage anti-repliement	Filtre anti-repliement	Antialiasing filter
Echantillonnage - Blocage	Echantillonneur - Bloqueur	Sample and Hold (S&H) ou Track and Hold (T&H)
Conversion analogique-numérique	Convertisseur analogique-numérique	Analog to Digital Converter (ADC)
Conversion numérique-analogique	Convertisseur numérique-analogique	Digital to Analog Converter (DAC)
Filtrage de lissage	Filtre de lissage	Smoothing filter
Conversion électrique - etc etc (les 2 derniers blocs de la fonction Restituer)	Led, afficheur, écran, , buzzer, haut-parleur, sirène, ...	Led, display, screen, ..., buzzer, loudspeaker, siren
Fonction Traiter - Sauvegarder dont la structure associée est un μ C (microcontrôleur en français et microcontroller en anglais)	Unité centrale	Central Processing Unit (CPU)
	Mémoire programme	Program memory
	Mémoire de données	Data memory
	Interface d'entrée	Input data interface
	Interface de sortie	Output data interface
	Interface de communication	Communication data interface
Signal (en français)		Signal (en anglais)
Tension		Voltage
Courant		Current
Logique ou numérique		Digital
Analogique		Analog

Chapitre 3

Synoptique détaillé de la chaîne d'information

