



School of Engineering

Industrial Automation Base

Cours AutB

Author: [Cédric Lenoir](#)

MOD 02 Structures de données.

Keywords: **DUT Type Conversion ARRAY STRUCT**

Type conversion

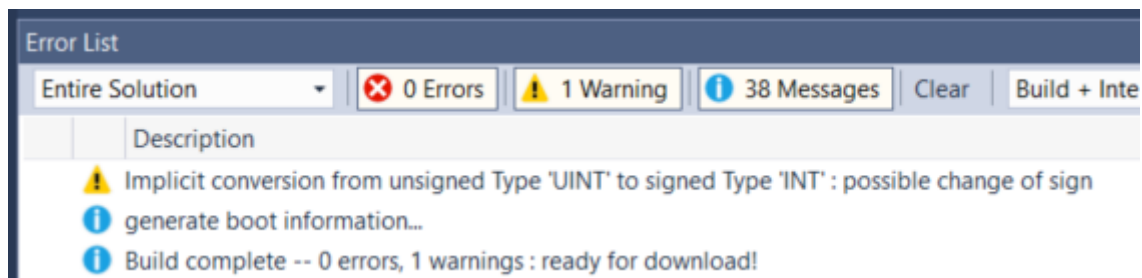
Le Structured Text (du moins son compilateur) est exigeant et contraignant en terme de conversion de types.

A raison !

Exemple

```
iSignal_2 : INT := 0;  
iSignal_3 : INT := 0;  
uiSignal   : UINT := 65535;
```

```
iSignal_2 := uiSignal;  
iSignal_3 := UINT_TO_INT(uiSignal);
```



Implicit conversion from unsigned Type 'UINT' to signed Type 'INT' : possible change of sign

Dans les deux cas, le résultat sera **-1**. Dans le premier cas, le compilateur met en garde contre le risque. Dans le deuxième cas, le résultat sera le même, mais on peut supposer que le programmeur en

implémentant explicitement la fonction de conversion aura pris conscience du risque d'un résultat qui pourrait être non désiré.

L'environnement de développement propose des fonctions de conversion pour presque toutes les figures de conversion de données. C'est une bonne pratique de les utiliser systématiquement afin d'éviter une multiplication des **Warning**.

Il n'est pas rare, et même très courant de constater que certains programmes génèrent beaucoup de **Warning**. Dans la plupart des cas, aucun ne sera critique. Le risque est toutefois de laisser passer **celui qui provoquera un crash**.

ARRAY, les tableaux de données

On peut utiliser des données de 1, 2 voir 3 dimensions.

Les trois dimensions sont valables pour le compilateur Codesys. Pour d'autres types de compilateurs, ceci demande à être vérifié.

```
VAR
    i_Array      : ARRAY [1..10] OF DINT;
    ij_Array     : ARRAY [1..10, 1..5] OF DINT;
    ijk_Array    : ARRAY [1..5, 1..10, 1..10] OF DINT;
END_VAR
```

Une manière classique d'utiliser les tableaux est dans une boucle **for**

```
VAR
    iMyLoop      : DINT := 0;
    i_Array      : ARRAY [1..10] OF DINT;
END_VAR

FOR iMyLoop := 1 TO 10 BY 1 DO
    i_Array[iMyLoop] := iMyLoop;
END_FOR
```

Le code ci-dessus, si il est parfaitement correct, ne devrait pas être utilisé, il n'est pas robuste ! Une bonne pratique consiste à utiliser des **VAR GLOBAL CONSTANT** pour les dimensions des tableaux, celles-ci seront réutilisées dans les boucles.

Remarquez que, même pour une tâche autant simple qu'une boucle, on évite un variable du type **i**. Il s'agit ici d'une bonne pratique, et non d'une obligation. Raison: un variable **i** est compliquée à identifier dans le code.

Définir les constantes dans: **GVL_ARRAY_SIZE**.

```

VAR_GLOBAL CONSTANT
    I_MAX_SIZE   : UDINT := 10;
    J_MAX_SIZE   : UDINT := 20;
    K_MAX_SIZE   : UDINT := 5;
END_VAR

```

Définir les tableaux à l'aide des constantes.

```

VAR
    iMyLoop      : DINT := 0;
    jMyLoop      : DINT := 0;
    kMyLoop      : DINT := 0;

    i_Array      : ARRAY [1..GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE] OF DINT;
    ij_Array     : ARRAY [1..GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE,
1..GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE] OF DINT;
    ijk_Array    : ARRAY [1..GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE,
1..GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE, 1..GVL_ARRAY_SIZE.K_MAX_SIZE] OF DINT;

```

Les constantes sont définies dans un fichier séparé `GVL_ARRAY_SIZE` et demandent un accès sous la forme `GVL_ARRAY_SIZE.MY_CONSTANT`. C'est un peu plus long à écrire, mais cela améliore la robustesse et la structure du programme.

Utiliser les boucles avec les constantes.

```

FOR iMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE BY 1 DO
    i_Array[iMyLoop] := iMyLoop;
END_FOR

FOR iMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE BY 1 DO
    FOR jMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE BY 1 DO
        ij_Array[iMyLoop,jMyLoop] := iMyLoop * jMyLoop;
    END_FOR
END_FOR

FOR iMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE BY 1 DO
    FOR jMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE BY 1 DO
        FOR kMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.K_MAX_SIZE BY 1 DO
            ijk_Array[iMyLoop,jMyLoop,kMyLoop] := iMyLoop * jMyLoop * kMyLoop;
        END_FOR
    END_FOR
END_FOR

```

Attention au **temps de cycle** ! Une boucle **trop longue** peut provoquer le **crash** du PLC. Si la marge est relativement élevée pour un processeur puissant, la limite peut être rapidement atteinte sur un PLC d'entrée de gamme.

Dans la pratique

Je n'utiliser presque jamais de tableaux à plusieurs dimensions, je privilégie les **STRUCT** qui sont développés un peu plus loin dans le cours.

Définir un tableau sous forme de type utilisateur.

```
TYPE stArrayOfDint :  
STRUCT  
    jArray : ARRAY[1..GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE] OF DINT;  
END_STRUCT  
END_TYPE
```

Définir un tableau de types

```
VAR  
    ijStArray : ARRAY [1..GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE] OF stArrayOfDint;  
END_VAR
```

Utiliser un tableau de types

```
FOR iMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE BY 1 DO  
    FOR jMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE BY 1 DO  
        ijStArray[iMyLoop].jArray[jMyLoop] := iMyLoop * jMyLoop;  
    END_FOR  
END_FOR
```

Ce type de construction rend le nombre de dimensions du tableau théoriquement **infinie**. Le nombre de boucles encapsulée les unes dans les autres est probablement limitée.

Data User Type, DUT

Quel que soit l'environnement dans lequel est intégré un compilateur Codesys, on a la possibilité de sélection un **Add DUT**

- Structure
- Enumeration
- Alias
- Union

Name:

DUT

Type:

Structure

Extends:

...

Enumeration

Textlist support

Alias

Base type:

>

Union

Create a new data unit type

Structure

Une structure permet d'organiser les variables par sujet de manière hiérarchiques. Contrairement à un **ARRAY** qui est une liste d'objets identiques, un structure peut contenir des variables différentes.

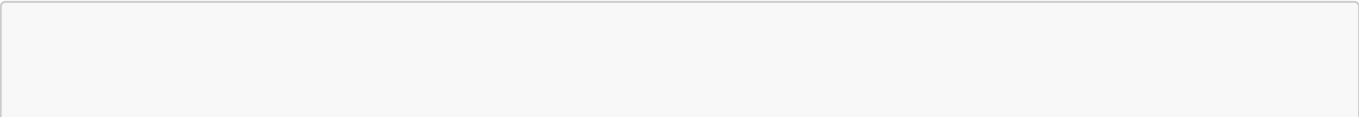
Forme simple d'une structure pour un axe.

Définition de la structure

```
TYPE ST_AxisInfo :  
STRUCT  
  AxisId      : UDINT;  
  AxisName    : STRING;  
  SetVelocity  : REAL;  
  SetDeceleration : REAL;  
  ActualPosition : REAL;  
  ActualVelocity : REAL;  
  bAxisStopped : BOOL;  
  DigitalInput_1 : BOOL;  
END_STRUCT  
END_TYPE
```

Valeur initiale

Si la grandeur est pertinente il est conseillé de donner une grandeur initiale. Une information du type **'Axe de base'** sera préférable à ' '.



```
TYPE ST_AxisInfo :  
STRUCT  
    AxisId          : UDINT;  
    AxisName        : STRING := 'Axe de base';  
    SetVelocity      : REAL;  
    SetDeceleration : REAL;  
    ActualPosition   : REAL;  
    ActualVelocity   : REAL := 0;  
    bAxisStopped     : BOOL;  
    DigitalInput_1   : BOOL;  
END_STRUCT  
END_TYPE
```

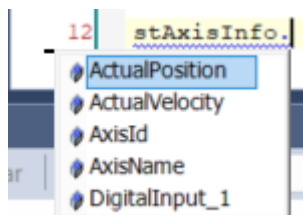
Instanciation

```
VAR  
    getVelocity : REAL;  
    stAxisInfo  : ST_AxisInfo;  
END_VAR
```

Codage

```
getVelocity := stAxisInfo.ActualVelocity;
```

L'aide à la saisie, IntelliSense, combiné à une structure facilite grandement l'écriture de code complexe sans qu'il soit constamment nécessaire de se référer à la liste des variables. L'IDE affiche automatiquement la liste des variables de la structure après l'écriture du point.



ST_AxisInfo combiné à IntelliSense

Structure dans une structure

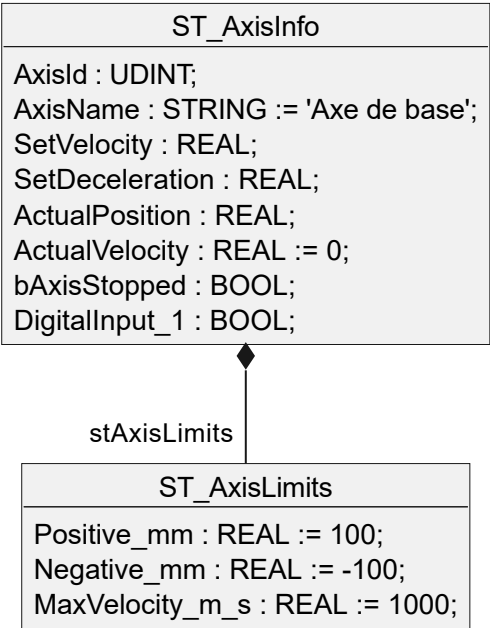
On peut placer des variables simples dans une structure, mais aussi d'autres variables composées telles que **STRUCT** ou **ARRAY**.

```
TYPE ST_AxisLimits :  
STRUCT  
    Positive_mm      : REAL := 100;  
    Negative_mm      : REAL := -100;
```

```
MaxVelocity_m_s : REAL := 1000;
END_STRUCT
END_TYPE
```

```
TYPE ST_AxisInfo :
STRUCT
    AxisId      : UDINT;
    AxisName    : STRING := 'Axe de base';
    SetVelocity  : REAL;
    SetDeceleration : REAL;
    ActualPosition : REAL;
    ActualVelocity : REAL := 0;
    bAxisStopped : BOOL;
    DigitalInput_1 : BOOL;
    stAxisLimit   : ST_AxisLimits;
END_STRUCT
END_TYPE
```

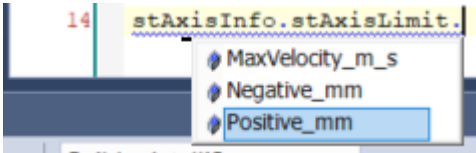
Ci dessous, la représentation UML de **ST_AxisInfo** composé avec **ST_AxisLimits**.



ST_AxisInfo avec ST_AxisLimits en composition

Codage

```
stAxisInfo.stAxisLimit.Positive_mm := 500;
```



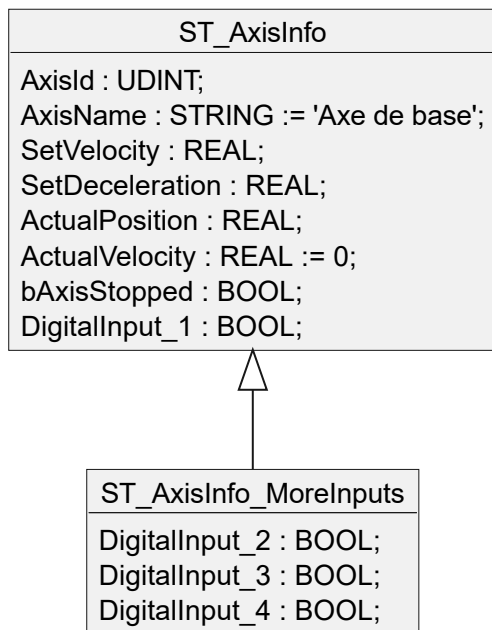
ST_AxisInfo.stAxisLimit.PositiveLimit IntelliSense

La définition des structures doit être une des premières étapes de tout programme PLC.

- Cela permet de fixer rapidement la structure du programme. *Phase de spécification*
- Cela accélère la phase de codage *Gain en productivité*
- Cela simplifie la lisibilité du programme *Phase de maintenance*.

Structure Extends

La notion de Structure Extends appartient à la spécification Object-Oriented Programming **OOP** du IEC 61131-3. *Certaines plateformes importantes comme Siemens ne la supportent pas en 2023.*



ST_AxisInfo_Base MoreInputs Extends ST_AxisInfo

La notion de Structure Extends permet de créer une structure existante à partir d'une nouvelle. En termes de programmation Orientée Objet, **OOP**, on parle d'héritage.

Le but de cours n'est pas de rentrer dans les subtilités de l'approche orientée objet, mais d'en mentionner certaines caractéristiques quand elle facilite un programmation **Classique**.

Définition de la structure

Dans l'exemple ci-dessous, le programmeur veut utiliser la structure **ST_AxisInfo**, mais il veut simplement plus d'entrées à disposition et les ajoute à une nouvelle structure **ST_AxisInfo_MoreInputs**.

```

TYPE ST_AxisInfo_MoreInputs EXTENDS ST_AxisInfo :
STRUCT
    DigitalInput_2 : BOOL;
    DigitalInput_3 : BOOL;
    DigitalInput_4 : BOOL;
END_STRUCT
END_TYPE
  
```


Codage de structures avec Extends

L'utilisation de Extends ne change strictement rien en termes de codage.

```
VAR
  lrActualPosition      : LREAL;
  stAxisInfoMoreInputs : ST_AxisInfo_MoreInputs;
END_VAR

lrActualPosition := stAxisInfoMoreInputs.ActualPosition;
```

Avantage principal de la notion de *Extends*

Dans les exemples ci-dessus, nous avons 3 structures différentes, *ST_AxisInfo* et *ST_AxisInfo_MoreInputs*. Supposons qu'il soit nécessaire d'ajouter une information générale pour chaque type.

```
AxisStopped : BOOL;
```

En programmation classique, *sans extends*, il sera nécessaire d'ajouter la variable à **deux endroit dans le code**.

Avec l'utilisation de *EXTENDS*, il suffira d'ajouter la variable dans la structure de base, soit à **un seul endroit dans le code**.

En général, même si c'est possible, on ne passe pas les *STRUCT* par *VAR_IN* ou *VAR_OUT*. d'une *Function* ou d'un *Function Block* Ceci afin d'éviter le temps perdu à faire des copies de variables de la structure vers le block et vice versa.

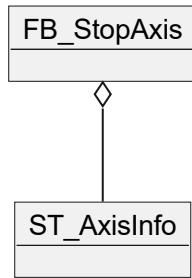
De préférence on utilise *VAR_IN_OUT*, qui passe l'adresse de la structure, on travaillera donc sur les valeurs d'origine

FB avec *VAR_IN_OUT*

Déclaration d'un FB avec *VAR_IN_OUT*

```
FUNCTION_BLOCK FB_StopAxis
VAR_IN_OUT
  ioAxisInfo : ST_AxisInfo;
END_VAR
```

Instanciation d'un FB avec *VAR_IN_OUT*



ST_AxisInfo with FB_StopAxis

Ce qu'il est **très important de comprendre** dans cette construction, c'est que `stAxisInfo` et `fbStopAxis_X` sont deux entités qui sont déclarées séparément. Une structure pour un axes complet contient parfois plusieurs dizaines de variables, il serait au niveau codage et à lors de l'exécution du code, absolument contre-productif de copier chaque valeur de `stAxisInfo` dans `fbStopAxis_X`.

```

VAR
    stAxisInfo    : ST_AxisInfo;
    fbStopAxis_X  : FB_StopAxis;
END_VAR
  
```

La structure `ST_AxisInfo` doit être instanciée: `stAxisInfo` et `FB_StopAxis` travaillera avec les valeurs mémorisées dans `stAxisInfo`.

Codage d'un FB avec une structure en `IN_OUT`

```

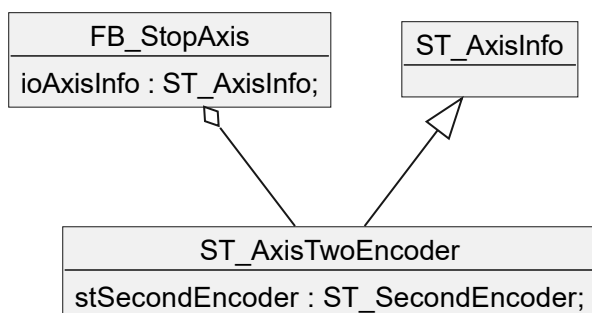
(* With ST_AxisInfo *)
fbStopAxis_X(ioAxisInfo := stAxisInfo);
  
```

Structure `EXTENDS` avec `VAR_IN_OUT`

Un peu d'abstraction avec `EXTENDS`

Ceci dépasse un peu le cadre *basic* de ce cours, mais cela permet d'illustrer l'intérêt de l'extension **OOP**.

Dans l'exemple ci-dessous, nous avons créé une structure d'axe **spéciale** avec **deux codeurs**.



VAR_IN_OUT with Extends

Cependant, nous avons le droit de passer la nouvelle structure `ST_AxisTwoEncoder` en `VAR_IN_OUT` même si elle est de type différent, car elle possède exactement par héritage les variables attendues par `fbAxisInfo`.

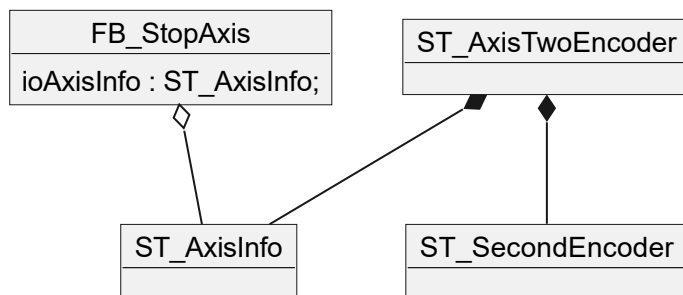
```
VAR
    stAxisTwoEncoder : ST_AxisTwoEncoder;    // Build with Inheritance
    fbStopAxis_X     : FB_StopAxis;
END_VAR

fbStopAxis_X(ioAxisInfo := stAxisTwoEncoder;
```

Avantage, il n'est pas nécessaire de réécrire un FB `FB_StopAxis` pour cette nouvelle structure.

Si `Extends` n'est pas disponible

Il est possible en version **classique non OOP** d'obtenir le même résultat, mais c'est moins élégant:



VAR_IN_OUT with Composition

Dans ce cas, on passera une partie de la structure seulement en `VAR_IN_OUT`

```
VAR
    stAxisTwoEncoder : ST_AxisTwoEncoder;    // Build with Composition
    fbStopAxis_X     : FB_StopAxis;
END_VAR

fbStopAxis_X(ioAxisInfo := stAxisTwoEncoder.stAxisInfo);
```

Enumeration

L'énumération est mon type préféré, principalement pour la construction de `CASE <state> OF`.

Premier exemple

```
TYPE EN_MotionStateMachineNoDefType :
(
    Idle           := 99,
    MoveOne        := 10,
    MoveOneCheckDone := 20,
```

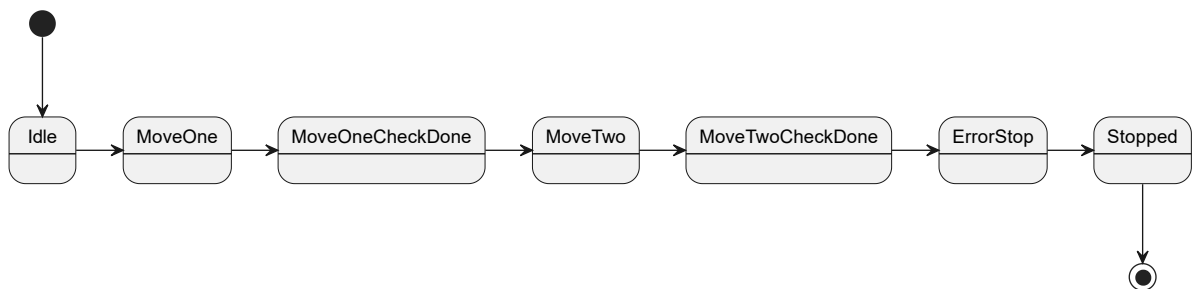
```

MoveTwo          := 30,
MoveTwoCheckDone := 40,
ErrorStop        := 50,
Stopped          := 60
) := Idle;
END_TYPE

```

Intérêt principal de l'énumération

Le principal intérêt de l'énumération est la description d'une machine d'état. Dans la figure ci-dessous, les transitions sont à titre d'exemple uniquement.



Description des états à partir d'une énumération

Codage d'un **CASE_OF**

```

VAR
    stateMotion : EN_MotionStateMachineNoDefType :=
EN_MotionStateMachineNoDefType.Idle;
END_VAR

CASE stateMotion OF
    EN_MotionStateMachine.Idle:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.MoveOne;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.MoveOne:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.MoveOneCheckDone;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.MoveOneCheckDone:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.MoveTwo;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.MoveTwo:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.MoveTwoCheckDone;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.MoveTwoCheckDone:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.ErrorStop;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.ErrorStop:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.Stopped;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.Stopped:
        ;
END_CASE

```

Dans certains environnements, par exemple Siemens, les Enums n'existent pas, dans ce cas on pourra utiliser des constantes. Dans tous les cas, l'écriture d'une machine d'état sans caractères littéraux est une mauvaise pratique

TextList support

Text list support enables localization of the enumeration component identifiers and a representation of the symbolic component value in a text output in the visualization. Personnellement jamais utilisé.

Extends Enum

Impossible. Il n'est pas possible d'étendre un Enum comme il est possible de le faire avec une structure.

Deuxième exemple

```
TYPE EN_TrafficLight_typ :  
(  
    Idle    := 99,  
    Rouge   := 1,  
    Orange  := 2,  
    Vert    := 3  
) WORD := Rouge;  
END_TYPE
```

Noter Idle à 99, c'est que si l'Enum n'est pas initialisé, il ne fonctionnera pas.

Noter) **WORD** := Rouge; **WORD** permet ici de forcer le type de base à utiliser pour l'Enum, par exemple pour un traitement numérique ou logique.

Noter qu'il est possible de fixer une valeur d'initialisation pour l'Enum. Ici: **Rouge**.

Alias

Un alias est un type de données défini par l'utilisateur qui peut être utilisé pour créer un nom alternatif pour un type de données ou un bloc fonctionnel.

Exemple: *On déclare une chaîne de 50 caractères ascii*

```
TYPE T_Message : STRING[50];  
END_TYPE
```

Déclaration

```
sMessageA : T_Message;
```

Utilisation

```
sMessageA := 'This is a message';
```

Ceci est intéressant si on utilise souvent une certaine construction, ici la chaine de caractères.

Union

Une UNION est une structure de données qui contient généralement différents types de données. Dans une union, tous les composants ont le même décalage, ce qui signifie qu'ils occupent le même espace mémoire.

L'intérêt d'une union réside principalement dans la programmation de bas niveau. Dans l'exemple ci-dessous tirée d'un capteur IO-Link [Baumer O300.DL](#). Le capteur retourne les données dans une trame de 24 bits. Pour accéder à certaines données, on devra le faire soit sous forme de bits, ou de bytes.

IO-Link Processdata

8-23	7	6	5	4	3	2	1	0
MDC1					A	Q		BDC1

Q:

Das Quality bit signalisiert, dass die Signalqualität unter einen festgelegten Wert gesunken ist.

The quality bit signals that the signal quality has fallen below the configured threshold.

Le bit de qualité qui indique la qualité du signal en vertu Une valeur fixe a baissé.

BDC1:

Status des logischen Schaltausgangs des Sensors.

Status of the logical switching output of the sensor.

Etat de la sortie de commutation logique du capteur

A

Das Alarmbit signalisiert, dass es mit der Konfiguration oder der Funktion des Sensors ein Problem gibt

The alarm bit signals that there is a problem with the configuration or the functionality of the sensor

Le bit d'alarme signale l'existence d'un problème avec la configuration ou la fonctionnalité du capteur

MDC1:

Kontinuierliche Messwerte des Sensors

Continuous measurement values of the sensor

Des valeurs de mesure continues du capteur

IO-Link Process Data for Baumer O300.DL

- MDC1: 2 bytes de données pour la grandeur du signal (16 bits)
- Q: le bit de qualité qui indique que le signal est utilisable
- BDC1: un seuil programmable qui fait que le capteur peut être utilisé simplement comme détecteur de proximité sans se soucier de la valeur MDC1.
- A: un bit d'alarme qui indique un problème dans le capteur.

Déclaration d'une structure de bits.

```
TYPE ST_Bits :
STRUCT
    bBit7 : BIT;
    bBit6 : BIT;
    bBit5 : BIT;
    bBit4 : BIT;
    bBit3 : BIT;
    bBit2 : BIT;
    bBit1 : BIT;
    bBit0 : BIT;
END_STRUCT
END_TYPE
```

Déclaration d'une union de 3 bytes.

```
TYPE U_3Byte :
  UNION
    a3Byte : ARRAY[1..3] OF BYTE;
    aBits  : ARRAY[1..3] OF ST_Bits;
  END_UNION
END_TYPE
```

###Instanciation de l'union

```
VAR
  bAlarme      : BOOL;
  iSignal      : INT := 0;
  u3Byte       : U_3Byte;
END_VAR
```

Utilisation dans le code

```
bAlarme := u3Byte.aBits[3].bBit3;
iSignal := WORD_TO_INT(u3Byte.a3Byte[1] * 256 + u3Byte.a3Byte[2]);
```

On pourra vérifier facilement quel devrait être le résultat si le Byte 1 vaut 0E et le Byte 2 E6

On pourra vérifier ensuite quel devrait être le résultat si le Byte 1 vaut FF et le Byte 2 FF

Big Endian vs Little Endian

Une application d'une union pourra aider à la résolution de problèmes liés à l'Endianness .

Endianness

Spécifie l'ordre dans lequel les séquences de **bytes** sont enregistrée en mémoire.

Little Endian	Big Endian
Intel	Motorola
Byte with the smallest value first	Byte with the largest value first
decimal 41394	decimal 41394
0xA1B2	0xA1B2
0xB2, 0xA1	0xA1, 0xB2

Concrètement pour une représentation Little-Endian sur un processeur Intel.

```
VAR
    myBytes : ARRAY[1..4] OF BYTE;
END_VAR

// For myByte[1] - myByte[2] - myByte[3] - myByte[4]
myByte[1] := 16#B2;
myByte[2] := 16#A1;
myByte[3] := 16#0;
myByte[4] := 16#0;
```

Exercices

Exercice 1, Min/Max/RMS of ioBuffer

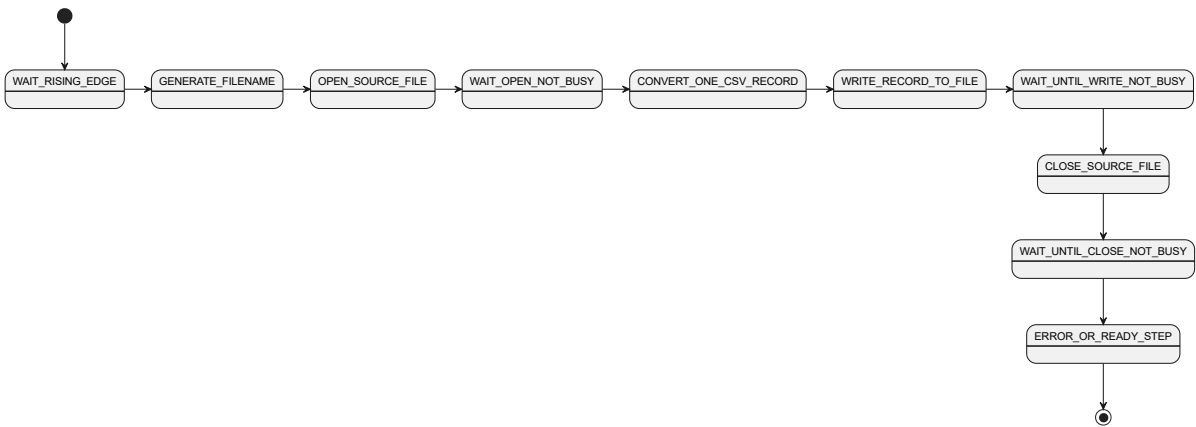
Nous avons en variable globale un buffer de 50 valeurs venant d'un convertisseur 16 bits, valeurs positives ou négatives. La taille du buffer est fixée par une constante. A chaque cycle, le système fait l'aquisition de 50 valeurs, sampling rate 50 [kHz] avec un bus temps réel à 1 [kHz]. A chaque cycle, nous voulons obtenir:

- `iMinSampleValue`, la grandeur minimum.
- `iMaxSampleValue`, la grandeur maximum.
- `iRMSSampleValue`, la grandeur RMS.

[Solution Exercice 1](#)

Exercice 2, State Machine

Ecrire l'`Enum` et la structure `CASE_OF`, c'est à dire uniquement les états sans les transitions de la machine d'état ci-dessous.



Machine d'états CSV Write

Contraintes:

- le premier état à la valeur 999.
- les autres états ont une valeur fixe.
- l'énumération est de type `UDINT`
- l'état initial est forcé à `WAIT_RISING_EDGE`

- la variable d'état du `CASE_OF` est `stateCsv`.

Solution Exercice 2

Exercice 3, Modbus avec Endianness

Une série de registres Modbus sont donnés avec les informations suivantes. Format `Big-Endian`.

Register	Type	Unit	Description
0-3	INT(32)	Wh	Total active energy
4-7	INT(32)	VARh	Total reactive energy
8-11	INT(32)	VAh	Total apparent energy

Une trame `Modbus` arrive dans le registre suivant:

Warning, this examples comes from a datasheet for Modbus. Do not forget about the integer defintion of IEC 61131-3 for 32 bits integer. That is: **DINT** !

```
modBusFrame : ARRAY[0..11] OF BYTE := [0, 8, 143, 237, 0, 41, 3, 189, 255, 254, 21, 231];
```

Nous devons lire la trame ci-dessus avec un processus Intel `Little-Endian` pour afficher les valeurs dans des `DINT`.

Solution Exercice 3

Exercice 4, VAR_IN_OUT with Extends

Déclarer, instancier et coder l'exemple ci-dessus avec `ST_AxisTwoEncoder`.

Solution Exercice 4

Solution des exercices

Solution Exercice 1, Min/Max/RMS of ioBuffer

Fichier `GVL_IO_BUFFER` de déclaration des variables globales.

```
VAR_GLOBAL
  ioBuffer      : ARRAY[1..IO_BUFFER_SIZE] OF INT;
END_VAR

VAR_GLOBAL CONSTANT
  IO_BUFFER_SIZE : UDINT := 50;
END_VAR
```

Codage

```

PROGRAM PRG_MinMaxMean
VAR
    iBufferLoop    : UDINT;
    iMinValue       : INT;
    iMaxValue       : INT;
    iRMSValue       : INT;
    iSumRMSValue    : LINT;
END_VAR

// Init values before computation
iMinValue := GVL_IO_BUFFER.MAX_16_BITS;
iMaxValue := GVL_IO_BUFFER.MIN_16_BITS;
iSumRMSValue := 0;

FOR iBufferLoop := 1 TO GVL_IO_BUFFER.IO_BUFFER_SIZE BY 1 DO
    // Get min value
    IF GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop] < iMinValue THEN
        iMinValue := GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop];
    END_IF
    // Get max value
    IF GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop] > iMaxValue THEN
        iMaxValue := GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop];
    END_IF
    // Accumulate values (need a variable bigger as min/max INT)
    iSumRMSValue := iSumRMSValue + (GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop] *
GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop]);
END_FOR

// Values with 16 bits suppose no informatino lost
iRMSValue :=
LREAL_TO_INT(SQRT(LINT_TO_LREAL(iSumRMSValue/GVL_IO_BUFFER.IO_BUFFER_SIZE)));

```

Test

Avec tous les échantillons à 0, sauf:

- un échantillon à 50
- un échantillon à -50

iMinValue := -50 iMaxValue := 50 iRMSValue := 10

Solution Exercice 2, State Machine

```

### Enum
TYPE EN_CSV_WriteSteps :
(
    WAIT_RISING_EDGE := 0,
    GENERATE_FILENAME := 21,

```

```

OPEN_SOURCE_FILE := 1,
WAIT_OPEN_NOT_BUSY := 2,
CONVERT_ONE_CSV_RECORD := 3,
WRITE_RECORD_TO_FILE := 4,
WAIT_UNTIL_WRITE_NOT_BUSY := 5,
CLOSE_SOURCE_FILE := 10,
WAIT_UNTIL_CLOSE_NOT_BUSY := 11,
ERROR_OR_READY_STEP := 100
) UDINT := WAIT_RISING_EDGE;
END_TYPE

```

Codage

```

VAR
    stateCsv      : EN_CSV_WriteSteps;
END_VAR

CASE stateCsv OF
    EN_CSV_WriteSteps.WAIT_RISING_EDGE:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.GENERATE_FILENAME:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.OPEN_SOURCE_FILE:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.WAIT_OPEN_NOT_BUSY:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.CONVERT_ONE_CSV_RECORD:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.WRITE_RECORD_TO_FILE:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.WAIT_UNTIL_WRITE_NOT_BUSY:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.CLOSE_SOURCE_FILE:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.WAIT_UNTIL_CLOSE_NOT_BUSY:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.ERROR_OR_READY_STEP:
        ;
END_CASE

```

Solution Exercice 3, Modbus avec **Endianess**

Liste des constantes dans le fichier **GVL_Modbus**

```

VAR_GLOBAL CONSTANT
    MB_FRAME_SIZE      : INT := 12;
    NUMBER_OF_INT32     : INT := 3;
    TYPE_SIZE_IN_BYTE  : INT := 4;
END_VAR

```

Définition de l'union `U_SolveModbus`

```

TYPE U_SolveModbus :
UNION
    myBytes    : ARRAY[1..GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE] OF BYTE;
    diMyResult : DINT;
END_UNION
END_TYPE

```

Définition de la structure générale

```

TYPE ST_SolveModbus :
STRUCT
    arMyRegisters      : ARRAY[1..GVL_Modbus.NUMBER_OF_INT32] OF
U_SolveModbus;
    TotalActiveEnergy_Wh      : DINT;
    TotalReactiveEnergy_VARh : DINT;
    TotalApparentEnergy_VAh  : DINT;
END_STRUCT
END_TYPE

```

Program

```

VAR
    modBusFrame : ARRAY[1..GVL_Modbus.MB_FRAME_SIZE] OF BYTE := [0, 8, 143, 237,
0, 41, 3, 189, 255, 254, 21, 231];
    stResult    : ST_SolveModbus;
    // Number of INT (32 bits - 4 bytes) in the frame
    int32Loop   : INT;
    // Number of Byte in INT
    iRegInt32   : INT;

    iCheck      : INT;
    iCheckLoop  : INT;
END_VAR

// Only used to check if the program runs (not needed for algorithms
iCheck := iCheck + 1;
iCheckLoop := 0;

// Dispatch registers from Frame to Struct
FOR int32Loop := 1 TO GVL_Modbus.NUMBER_OF_INT32 BY 1 DO
    FOR iRegInt32 := 1 TO GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE BY 1 DO
        // Next line is not usefull, write it to help debug if needed
        iCheckLoop := (int32Loop-1) * GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE + iRegInt32;

```

```
stResult.arMyRegisters[int32Loop].myBytes[(GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE+1)-
iRegInt32] := modBusFrame[(int32Loop-1) * GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE +
iRegInt32];
    END_FOR
END_FOR

// Total active energy, should be 561133
stResult.TotalActiveEnergy_Wh := stResult.arMyRegisters[1].diMyResult;

// Total reactive energy, should be 2687933
stResult.TotalReactiveEnergy_VARh := stResult.arMyRegisters[2].diMyResult;

// Total apparent energy, sould be -125465
stResult.TotalApparentEnergy_VAh := stResult.arMyRegisters[3].diMyResult;
```

Solution Exerice 4, VAR_IN_OUT with Extends

To be completed