

Les signaux et slots dans Qt 5.2

Couplage entre classes

L'idée de base de la programmation objet est de créer des objets. Quand on fait cela, c'est déjà un bon début. Cependant, ce n'est généralement pas suffisant. Il faut également que les objets communiquent entre eux.

Lorsque qu'un objet-enfant est créé dans un objet-parent, il n'y a pas de problème pour que le parent puisse communiquer avec l'enfant. Comme le parent a créé l'enfant, il le connaît bien. En particulier, il connaît les fonctions publiques de l'objet-enfant et peut donc les appeler directement.

```
class Enfant {
public:
    void une_fonction() const {}
};

class Parent {
    Enfant mon_enfant;
public:
    void autre_fonction() const {
        mon_enfant.une_fonction(); // Ok
    }
};
```

Lorsque deux classes communiquent entre elles, on dit qu'elles sont couplées. Ici, le couplage est dit fort, puisque la classe `Parent` doit absolument connaître la classe `Enfant`. Si ces deux classes sont déclarées dans des fichiers différents (`parent.h` et `enfant.h` par exemple), il sera nécessaire d'inclure le fichier `enfant.h` dans le fichier `parent.h`.

```
// dans parent.h
#include "enfant.h"
```

Ce couplage n'est pas symétrique. En effet, la classe `Enfant` ne connaît pas (et n'a pas besoin de connaître) la classe `Parent`. En revanche, si on souhaite appeler une fonction de `Parent` dans `Enfant`, on est face à deux difficultés.

Premièrement, il faut appeler la fonction sur un objet en particulier. Comme l'objet `Enfant` est déjà un membre de la classe `Parent`, il ne serait pas possible de créer un nouvel objet `Parent` dans `Enfant`, puisque dans cette situation, l'objet `Parent` contiendrait un objet `Enfant`, qui contient à son tour un autre objet `Parent`, lui-même contenant un objet `Enfant` et ainsi de suite. On se retrouve dans une boucle infinie, cela n'a pas de sens.

```
class Enfant {
    Parent mon_parent;
};
```

Cette situation est résolue en ne créant pas un objet de type `Parent` dans la classe `Enfant`, mais créant simplement un "lien" vers un objet de type `Parent` existant (par exemple, l'objet de type `Parent` qui a créé l'objet de type `Enfant` comme variable membre). Ce type de "lien" est réalisé en C++ en utilisant une référence ou un pointeur. Il sera alors possible d'appeler une fonction de l'objet de type `Parent` dans l'objet de type `Enfant`.

```
// dans enfant.h
class Enfant {
    Parent const& mon_parent; // référence
public:
    void une_fonction() const {
        mon_parent.encore_une_fonction();
    }
};

// dans parent.h
#include "enfant.h"
class Parent {
    Enfant mon_enfant;
public:
    Parent() : mon_enfant(*this) { // beurk
```

```

    }

    void autre_fonction() const {
        mon_enfant.une_fonction(); // Ok
    }

    void encore_une_fonction() const {
    }
};

```

Si vous essayez de compiler ce code, vous obtiendrez une erreur dans la classe `Enfant` : “le type `Parent` n'est pas connu”. La raison est que le compilateur ne connaît pas encore la classe `Parent`, il ne peut pas savoir à quoi correspond le terme “`Parent`” dans votre code. La solution est alors d'indiquer au compilateur que ce terme existe et qu'il correspond à une classe. Dans cette situation, on parle de “déclaration anticipée” de la classe `Parent`.

```

// dans enfant.h
class Parent; // on indique au compilateur que le terme
               "Parent" existe et que c'est une classe
class Enfant {
    Parent const& mon_parent; // référence
public:
    Enfant(Parent const& p) : mon_parent(p) {
    }

    void une_fonction() const {
        mon_parent.encore_une_fonction();
    }
};

// dans parent.h
#include "enfant.h"
class Parent {
    Enfant mon_enfant;
public:
    Parent() : mon_enfant(*this) { // beurk
    }

    void autre_fonction() const {

```

```

        mon_enfant.une_fonction(); // Ok
    }

    void encore_une_fonction() const {
    }
};

```

Cependant, cela ne fonctionne toujours pas. En effet, trois lignes en dessous, on essaie d'appeler la fonction `encore_une_fonction` de la classe `Parent`. Or, pour le moment, le compilateur sait simplement qu'il existe une classe `Parent`, il ne sait pas encore ce qu'elle contient. Pour résoudre ce second problème, on va donc séparer la déclaration des classes de leur implémentation en les mettant dans des fichiers séparés (par exemple `enfant.cpp` et `parent.cpp`) :

```

// dans enfant.h
class Parent; // déclaration anticipée
class Enfant {
    Parent const& mon_parent; // référence
public:
    Enfant(Parent const& p);
    void une_fonction() const;
};

// dans enfant.cpp
#include "enfant.h"
#include "parent.h"
Enfant::Enfant(Parent const& p) : mon_parent(p) {
}
void Enfant::une_fonction() const {
    mon_parent.encore_une_fonction();
}

// dans parent.h
#include "enfant.h"
class Parent {
    Enfant mon_enfant;
public:
    Parent() : mon_enfant(*this);
    void autre_fonction() const;
    void encore_une_fonction() const;
};

```

```

};

// dans parent.cpp
#include "parent.h"
#include "enfant.h"
Parent::Parent() : mon_enfant(*this) { // beurk
}
void Parent::autre_fonction() const {
    mon_enfant.une_fonction(); // Ok
}
void Parent::encore_une_fonction() const {
}

```

Ce type de code est très classique en C++, on le retrouve partout. Mais cela pose un problème majeur : ce code n'est pas évolutif. Les classes et les fonctions appelées sont figées, si on souhaite appeler une autre fonction ou une autre classe, il faudra modifier le code existant de ces classes et ajouter toutes les déclarations de classes et de fonctions (imaginez le résultat sur un projet contenant plusieurs centaines de classes...) Il est possible d'améliorer la situation en mettant les fonctions et les objets comme paramètres des classes et fonctions (utilisation des templates, fonctions callback, etc), mais cela donne un code relativement lourd à maintenir et à faire évoluer.

Qt implémente également le système parent-enfant, avec les fonctions suivantes. Il est en particulier utilisé pour les destructions automatiques des hiérarchies d'objets. Voir : [Object Trees & Ownership](#).

```

QObject * QObject::parent() const;
void setParent(QObject * parent);

const QObjectList & QObject::children() const;
T QObject::findChild(const QString & name = QString(),
    Qt::FindChildOptions options = Qt::
FindChildrenRecursively) const;
QList<T> QObject::findChildren(const QString & name =
QString(),
    Qt::FindChildOptions options = Qt::
FindChildrenRecursively) const

```

Les signaux-slots dans Qt 4

Après cette longue introduction, nous pouvons aborder les signaux et slots. Le but de cette technique (qui n'est pas propre à Qt) est de créer un couplage faible entre les classes, ce qui ne nécessite plus que les classes se connaissent entre elles.

L'idée est de créer un "lien" particulier entre deux fonctions de deux classes indépendantes, de façon à ce que lorsque l'on appelle la fonction du premier objet, la fonction du second objet est automatiquement appelée. La première fonction s'appelle "signal", la seconde "slot", le lien entre les deux s'appelle une "connexion".

```
class A {
public:
    void fonction_de_A() const {}
};

class B {
public:
    void fonction_de_B() const {}
};

int main() {
    A un_objet_A;
    B un_objet_B;

    // création d'une connexion entre les deux fonction
    creer_connexion(un_objet_A, fonction_de_A, un_objet_B,
fonction_de_B);

    // lorsque l'on appelle la fonction de A, la fonction de
B est automatiquement appelée
    un_objet_A.fonction_de_A(); // appelle
un_objet_B.fonction_de_B()
}
```

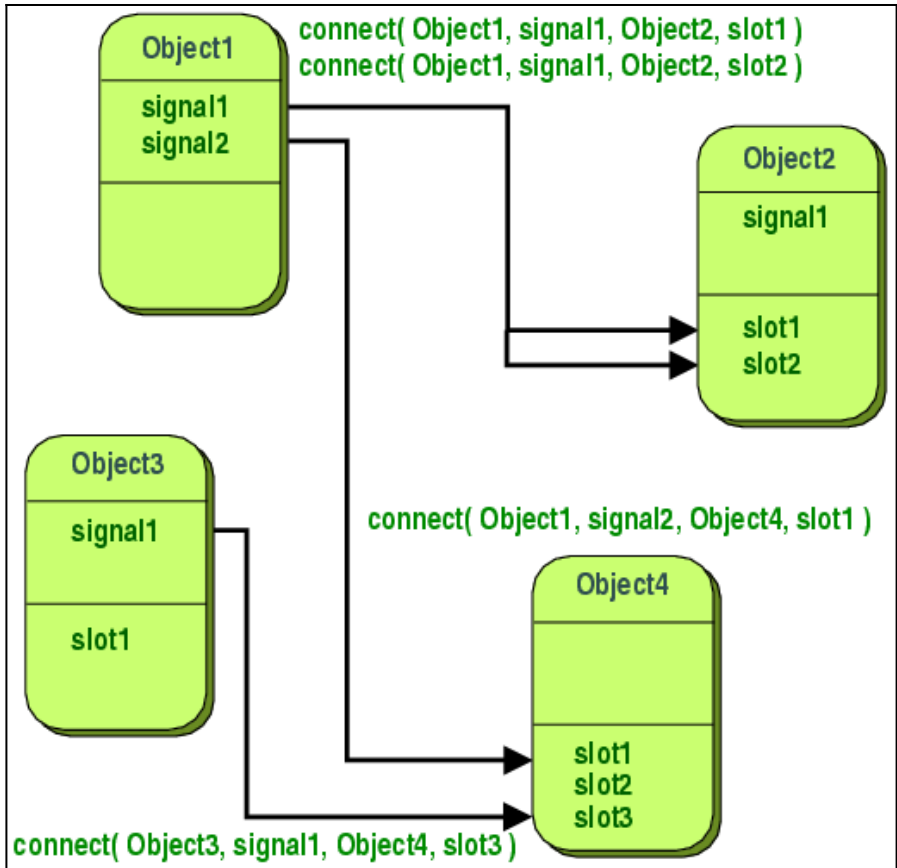
Avec ce type d'approche, vous pouvez utiliser autant de classes et de fonctions que vous souhaitez, celles-ci seront indépendantes. **A** n'a pas

besoin de connaître `B` et `B` n'a pas besoin de connaître `A`. On parle dans cette situation de “couplage faible”. Nous allons voir maintenant comme cela s'utilise dans Qt, mais sachez qu'il est également possible d'utiliser cette technique avec d'autres bibliothèques (par exemple, en utilisant Boost.Signals) ou en utilisant des fonctions comme argument (quelques mots-clés : `std::function`, *functor object*, *lambda function*, etc).

Le système de signaux et slots de Qt est relativement simple : lorsqu'un signal est émis avec le mot clé `emit`, tous les slots qui sont connectés à ce signal sont exécutés. Une connexion est créée en utilisant la fonction `QObject::connect`, en donnant les arguments suivants :

- un pointeur vers l'objet émetteur ;
- le nom du signal et la liste des types d'argument de la fonction signal (en utilisant la macro `SIGNAL`) ;
- un pointeur vers l'objet récepteur ;
- le nom du slot et la liste des types d'arguments de la fonction slot (en utilisant la macro `SLOT`).

Il est possible de connecter plusieurs signaux à un même slot, un signal à plusieurs slots ou un signal avec un signal.



La correspondance entre les arguments des signaux et slots est vérifiée comme une chaîne de caractères, lors de l'exécution. Ainsi, si vous connectez un `signal(float)` avec une `slot(double)`, la connexion sera refusée puisque les arguments ne correspondent pas, malgré le fait qu'un `float` peut être converti en `double` sans problème.

```
QAction a;
QWidget w;
QObject::connect(
    &a, SIGNAL(triggered()), // connecte le signal
    triggered() de QAction
    &w, SLOT(show()); // au slot show() de QWidget
// ce code permet donc d'afficher le QWidget lorsque
```


l'utilisateur active la QAction

Les classes de Qt fournissent de nombreux signaux et slots par défaut (la liste des signaux et slots des classes Qt est indiquée dans la documentation de Qt). Vous pouvez également créer vos propres signaux et slots dans vos classes, en respectant les règles suivantes :

- la classe doit dériver de `QObject` (directement ou indirectement) ;
- il faut appeler la macro `Q_OBJECT` au début de la classe ;
- les slots sont des fonctions classiques déclarées avec le mot-clé `slots` ;
- les signaux sont des fonctions non implémentées déclarées avec le mot-clé `signals`.

Comme le principe est de pouvoir connecter n'importe quelle classe et signaux-slots, vous pouvez sans problème connecter les classes Qt entre elles, avec vos propres classes ou vos propres classes entre elles.

Le code suivant est un exemple de propriété avec Qt. Une propriété est une variable membre d'une classe dérivée de `QObject` qui peut être appelée via les méta-objets et donc dans un script ou en `QML`. Une propriété au sens de Qt utilise un slot et un signal, respectivement pour modifier la propriété et pour signaler lorsque la propriété est modifiée. Le code suivant est relativement idiomatique, je vous conseille de respecter cette forme pour chaque propriété que vous déclarez (respectez également les noms des fonctions).

```
#include <QObject>

class Counter : public QObject // on hérite de QObject pour
// bénéficier des méta-informations de Qt
{
    Q_OBJECT // cette macro permet de générer les signaux et
// slots lors de la compilation
    Q_PROPERTY(int value READ value WRITE setValue
NOTIFICATION valueChanged)

public :
```

```

    int value() const {
        return m_value;
    }
public slots:
    void setValue(int value) {
        if (value != m_value) { // lorsque la valeur est
changée
            m_value = value;
            emit valueChanged(value); // on émet un signal
valueChanged
        }
    }
signals:
    void valueChanged(int value); // signal émis lorsque la
valeur est changée

private:
    int m_value;
};

Counter a, b;

// on connecte valueChanged de a à setValue de b
QObject::connect(&a, SIGNAL(valueChanged(int)), &b, SLOT(
setValue(int)));

a.setValue(12);
// a émet un signal valueChanged qui active le slot setValue
de b
// a.value() == 12, b.value() == 12

b.setValue(48);
// b émet un signal valueChanged mais ce signal n'est pas
connecté à un slot
// a.value() == 12, b.value() == 48

```

Remarque importante : il faut obligatoirement déclarer les classes `QObject` dans un fichier `.h` et non dans un fichier `.cpp`, sinon le compilateur moc de Qt ne pourra pas fonctionner.

Créer une connexion dans Qt 5

Dans Qt 4, il est possible de connecter uniquement les fonctions déclarées comme signaux et slots dans la classe, comme indiqué dans le code d'exemple précédant. Dans Qt 5, il est maintenant possible de connecter directement des pointeurs de fonctions ou d'utiliser des [fonctions lambdas](#).

La connexion de pointeurs de fonctions est similaire à une connexion classique, en donnant un pointeur sur les objets et sur les fonctions. Les classes émettrices et réceptrices doivent dériver de `QObject`, mais il n'est pas nécessaire de déclarer les fonctions utilisées comme slots avec le mot clé `slots`.

```
class Sender : public QObject {
    Q_OBJECT

signals:
    void send(int i = 0);
};

class Receiver : public QObject {

public:
    void receive(int i = 0) { std::cout << "receive:" << i <
send(123);
};

QObject::connect(s, &Sender::send, r, &Receiver::receive);
```

L'avantage de cette écriture est que la compatibilité des paramètres est effectuée lors de la compilation et une conversion implicite est réalisée si possible. Ainsi, il est possible de connecter un signal `mon_signal(float)` vers un slot `mon_slot(float)`, mais également vers un slot `mon_slot(double)`.

Il est également possible d'utiliser une fonction lambda comme slot dans une connexion. Par exemple, lorsque l'on souhaite connecter une signal `QPushButton::clicked` avec un slot `QLabel::setText(QString)` dans Qt 4, il n'est pas possible de créer directement la connexion.

```

QPushButton button;
QLabel label;
QObject::connect(&button, SIGNAL(clicked()), &label, SIGNAL(
setText(QString)); // erreur

```

Il faut donc écrire un intermédiaire, par exemple :

```

class MyLabel : public QLabel { // ou une classe dérivée de
QPushButton
Q_OBJECT
private:
    QPushButton button;
    QLabel label;
public:
    MyLabel(QObject* parent = 0) : QObject(parent) {
        connect(&button, SIGNAL(clicked()), SIGNAL(new_slot());
// Ok
    }
public slots:
    void new_slot() {
        emit label->setText("Mon texte");
    }
};

```

En utilisant les lambda, il est possible d'appeler directement :

```

QPushButton button;
QLabel label;
QObject::connect(&button, &QPushButton::clicked, &label, [&
label]() { label.setText("Mon texte"); });

```

Dans ce code, on capture le pointeur vers l'objet récepteur et on récupère le paramètre passé par la fonction `send()` puis on appelle dans le corps de la fonction lambda la fonction `receive()`. Le résultat obtenu est identique au code précédant, mais il est possible de faire beaucoup d'autres choses dans la fonction lambda (par exemple déconnecter tous les signaux ou parcourir tous les enfants de l'objet récepteur).

Si le compilateur utilisé ne supporte pas les *variadic template*, les signaux et slots doivent avoir moins de 6 paramètres.

Dans Qt 5.2, une nouvelle syntaxe a été ajoutée, pour éviter d'avoir à récupérer un objet dans la liste de capture du lambda ou récupérer un contexte dans un environnement multithreads :

```
QPushButton button;
QLabel label;
QObject::connect(&button, &QPushButton::clicked(), label, []
){ label->setText("Mon texte"); });
```

Pense-bête

```
// Qt 4
QMetaObject::Connection QObject::connect(
    const QObject * sender, const char * signal,
    const QObject * receiver, const char * method,
    Qt::ConnectionType type = Qt::AutoConnection) [static]

QMetaObject::Connection QObject::connect(
    const QObject * sender, const char * signal,
    const char * method,
    Qt::ConnectionType type = Qt::AutoConnection) const

// Qt 4.8
QMetaObject::Connection QObject::connect(
    const QObject * sender, const QMetaMethod & signal,
    const QObject * receiver, const QMetaMethod & method,
    Qt::ConnectionType type = Qt::AutoConnection) [static]

// Qt 5.0
QMetaObject::Connection QObject::connect(
    const QObject * sender, PointerToMemberFunction signal,
    const QObject * receiver, PointerToMemberFunction method,
    Qt::ConnectionType type = Qt::AutoConnection) [static]

QMetaObject::Connection QObject::connect(
    const QObject * sender, PointerToMemberFunction signal,
    Functor functor) [static]

// Qt 5.2
QMetaObject::Connection QObject::connect(
```

```
const QObject * sender, PointerToMemberFunction signal,  
const QObject * context, Functor functor,  
Qt::ConnectionType type = Qt::AutoConnection) [static]
```

Remarque : toutes ces fonctions sont `static`, sauf la seconde.

Conclusion

Vous pouvez télécharger un projet d'exemple montrant ces nouvelles fonctionnalités en action : [la page de téléchargement sur GitHub](#).

Les images et codes d'exemple sont issus en partie de la documentation de Qt5 disponible à cette page : [Signals & Slots](#).

Qt