TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES SIGLES ET ABRATIONS

CMCC	Cumulative Match Characteristic Curve
CN	Crossing Number
DET	Detection Error Tradeoff
EEG	Electro Encephalo Gram
EER	Equal Error Rate
FAR	False Acceptance Rate
FER	Failure To Enroll Rate
FNIR	False-Negative Identification-Error Rate
FNMR	False Non-Match Rate
FNR	False Negative Rate
FPIR	False Positive Identification-Error Rate
FPR	False Positive Rate
FRR	False Rejection Rate
FTA	Failure-To-Acquire Rate
FTC	Failure To Capture
HTER	Half Total Error Rate
ICA	Analyse en Composantes Indndantes
IR	Identification Rate
LPP	La Projection Prrvant la LocalitMCC
Minutia Cylinder-Code	
OM	Orientations Map
ROC	Receiver Operating Characteristic
RoI	Region of Interest
SDK	Software Development Kit
SP	Singulier Points

INTRODUCTION GRALE

Première partie

Synth bibliographique

CHAPITRE 1

GRALITUR LA BIOMIE

1.1 Introduction

Les modes traditionnelles utilis pour authentifier un individu ient les modes bas sur une connaissance knowledge-based (exemple : les mots de passe) ou sur une possession token-based (exemple : les badges, la pi d'identites cl etc.). Cependant, ces deux modes ont leurs lacunes, tels que le risque d'oublier le mot de passe ou e devinr tiers ou perdre le badge.
Une alternative pratique et srisour rndre s probls est l'utilisation de la biomie (**?**) qui consiste entifier une personne rtir de ses caractstiques physiques, comportementales ou biologiques. Dans ce chapitre qui reprnte des gralitur la biomie, nous allons prnter les modalitiomiques, les systs biomiques, les domaines d'application de la biomie et la multi-biomie,nous prntons sa dnition, ses formes et nous dllions dans sa forme multimodale.

1.2 Modalitiomiques

Les caractstiques biomiques par lesquelles il est possible de vfier lidentitun individu sont appel modalitiomiques. Ces modalitont class en trois catries :

- **Les modalithysiques :** se basent sur la reconnaissance des diffnts traits physiques particuliers, qui sont permanents et uniques pour toute personne (empreinte digitale, visage, etc.).
- **Les modalitiologiques :** se basent sur lanalyse des donn biologiques li individu (ex : ADN, le salive, l'odeur, l'analyse du sang de diffnts signaux physiologiques, ainsi que La frence cardiaque ou EEG, etc.).
- **Les modalitomportementales :** se basent sur lanalyse des comportements dun individu (ex : la dynamique de frappe au clavier, la reconnaissance vocale, la reconnaissance dynamique des signatures, la drche, etc.).

Pratiquement, pour qu'une caractstique humaine soit conside comme une caractstique biomique il faut qu'elle satisfasse les exigences suivantes (**?**) :

- **Universalit**tous les individus entifier doivent possr cette caractstique ;
- **Unicit**les caractstiques doivent e suffisamment distinctes d'un individu de la population autre ;
- **Permanence :** elle doit e suffisamment invariante sur une pode de temps ;
- **Mesurabilit**elle doit e mesurable quantitativement.

Du point de vue de l'application, les propris suivantes doivent e lement prises en compte (**?**) :

- **Performance :** la prsion de reconnaissance requise dans une application doit e risable en utilisant les caractstiques ;
- **Acceptabilit**dgne la volont sujet (lindividu) de prnter ses caractstiques biomiques ;
- **Rstance aux attaques :** il s'agit de la difficultutiliser des caractstiques biomiques falsifi (par exemple, des fausses empreintes digitales dans le cas d'une modalithysiologiques et de mimsme dans le cas d'une modalitomportementales).

Le tableau I compare entre les modalitiomiques selon les propris cit prdemment :

Modalitiomique	Universalit	Unicit	Permanence	Mesurabilit	Performance	Acceptabilit	Rstance aux attaques
ADN	Elev	Elev	Elev	Faible	Elev	Faible	Faible
Oreille	Moyenne	Moyenne	Elev	Moyenne	Moyenne	Elev	Moyenne
Visage	Elev	Faible	Moyenne	Elev	Faible	Elev	Elev
Thermo gramme du visage	Elev	Elev	Faible	Elev	Moyenne	Elev	Faible
Empreinte digitale	Moyenne	Elev	Elev	Moyenne	Elev	Moyenne	Moyenne
Drche	Moyenne	Faible	Faible	Elev	Faible	Elev	Moyenne
Gie de la main	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Elev	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Veine de la main	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible
Iris	Elev	Elev	Elev	Moyenne	Elev	Faible	Faible
Frappe de touche	Faible	Faible	Faible	Moyenne	Faible	Moyenne	Moyenne
Odeur	Elev	Elev	Elev	Faible	Faible	Moyenne	Faible
Empreinte palmaire	Moyenne	Elev	Elev	Moyenne	Elev	Moyenne	Moyenne
Rne	Elev	Elev	Moyenne	Faible	Elev	Faible	Faible
Signature	Faible	Faible	Faible	Elev	Faible	Elev	Elev
Voix	Moyenne	Faible	Faible	Moyenne	Faible	Elev	Elev

Tableau I: Comparaison des modalitiomiques selon les propris citrdemment (**?**).

1.3 Domaines dapplication de la biomie

Selon (**?**), les domaines dapplications de la biomie peuvent e divisn trois groupes principaux :

- **Applications commerciales :** telles que la connexion au rau informatique, la srits donn ctroniques, l'e-commerce, lacc Internet, les guichets automatiques, les cartes de crt, le contrle d'acchysique, la gestion des dossiers mcaux, etc ;
- **Applications gouvernementales :** telles que les cartes d'identitttionale, les permis de conduire, la sritciale, l'aide sociale, le contrle des frontis, le contrle des passeports, etc.
- **Applications mco-lles :** par exemple, lidentification des cadavres, lenqus criminelles,

lidentification des terroristes, les tests de paternit lidentification des enfants disparus, etc.

1.4 Les systs biomiques

Un syst biomique est un ensemble de composants matels :les capteurs logiciels (programmes de comparaison, de classification ,etc.) et de donn : les mods numques qui permettent de gr une modalitomique, rtir de lpe de capture des informations biomiques des individus jusqu'pe de prise de dsion lors dune tentative dacc

1.4.1 Les processus fonctionnels dun syst biomique

Les systs biomiques ont trois processus fonctionnels divisn deux phases : une phase pour enrler les mods des individus de la population et une autre selon le mode fonctionnement du syst (?), qui sont les suivants :

1.4.1.1 Premi phase (mode denrlement)

Pendant cette premi phase lindividu est enregistrns le syst pour la premi fois. Une ou plusieurs modalitiomiques sont captur avers un capteur et enregistr dans une base de donn avec ses donn non biomiques dites biographiques, comme : le nom ,le num de la carte didentittionale ,etc. (?) (voir la figure 1).

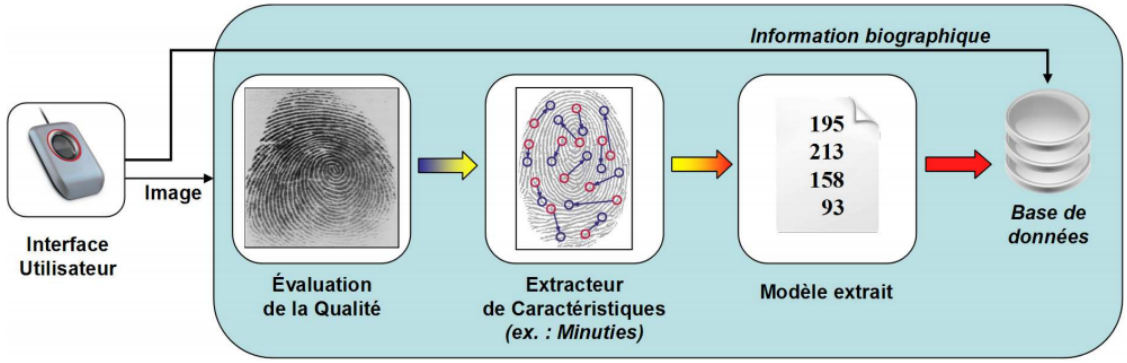

FIGURE 1: Exemple d'enrlement dune empreinte digitale d'individu dans un syst biomique (?).

1.4.1.2 Deuxi phase

La deuxi phase fonctionnelle dun syst biomique peut e une authentification ou identification selon lapplication concern

- **Mode dauthentification :** le syst doit rndre e question de type : Suis-je bien la personne que je prnds e ? . Lutilisateur propose une identit syst et le syst doit vfier que lidentit lindividu est bien celle propos Il suffit donc de comparer le mod extrait de lidentitndue. Si ce mod a d une occurrence de la base de donn avec le mod extrait de lindividu au moment de capture lors de la tentative dauthentification, On parle alors de correspondance 1 :1 (?) (voir la figure 2).
  Un individu X souhaite retirer de largent distributeur de billets, en entrant son code personnel didentification (code PIN), et en prntant une modalitomique. Le syst acquiert alors les donn biomiques et va les comparer uniquement avec le mod enregistrrrespondant pour dder si X est authentique ou imposteur (?).

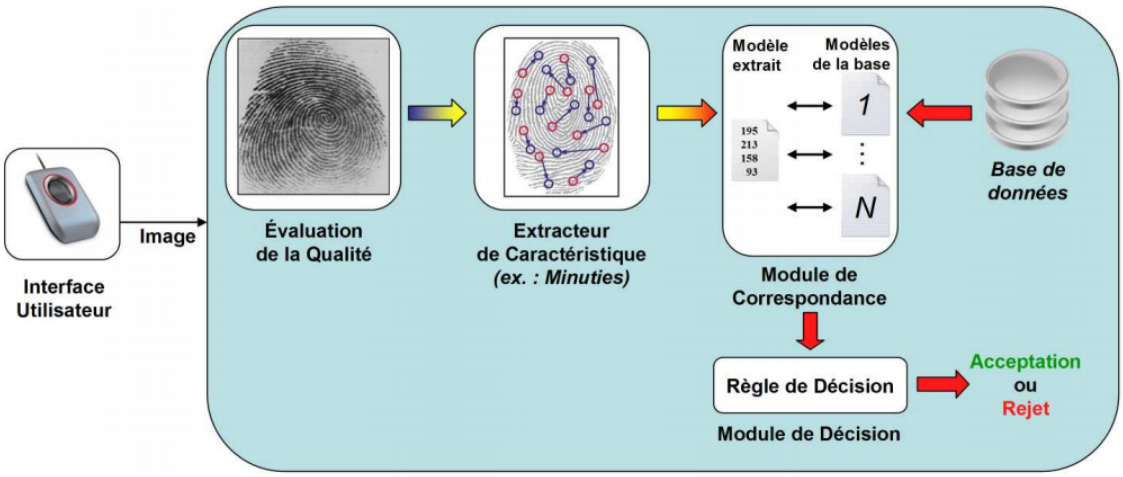

FIGURE 2: Exemple d'authentification dune empreinte digitale d'individu dans un syst biomique (?).

– **Mode didentification :** le syst doit deviner lidentit lindividu qui affirme implicitement quil est d enrlr le syst. Il rnd donc e question de type : Qui suis- je ? . Dans ce mode, le syst compare le mod de lindividu avec les diffntes occurrences de la base de donn. On parle alors de correspondance 1 : N. Le syst biomique va trouver lidentit la personne dont le mod poss le degr similitude le plus vec le mod biomique prnt entrors de la tentative didentification. Si la plus grande similarit mod biomique prnt entrt tous les mods de la BDD est infeure seuil de sritnimum fixindividu est rejete qui implique que lutilisateur nit pas une des personnes enrl par le syst. Dans le cas contraire, la personne est acceptPerronnin2002 (voir la figure 3).
Par exemple, lacc un bment sris tous les utilisateurs qui sont autoris entrer dans le bment sont enrlar le syst. Lorsquun individu essaye de ptrer dans le bment, il doit dabord prnter ses donn biomiques au syst, et selon la drmination de lidentit lutilisateur, le syst lui accorde le droit dentru non (?).

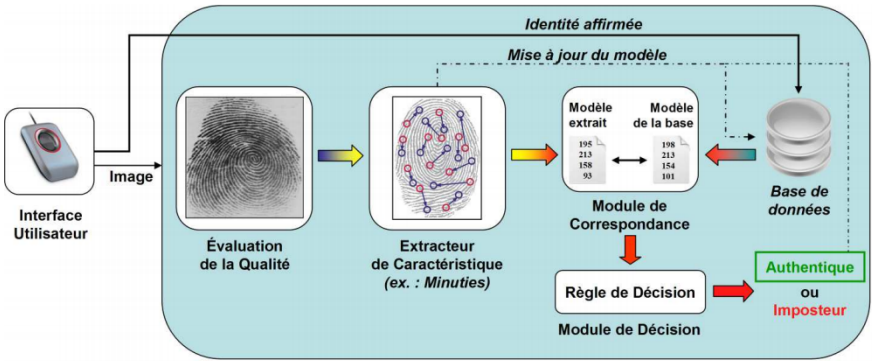

FIGURE 3: Exemple d'authentification dune empreinte digitale d'individu dans un syst biomique (?).

1.4.2 Architecture des systs biomiques

Dans ce paragraphe, nous allons dire la structure grale dun syst biomique indndamment de toute modalite tout matel, de toute mode et de toute technologie. Un syst biomique grique se compose principalement de cinq sous-systs (ou modules) qui sont (?) :

1.4.2.1 Sous syst de collecte de donn

Le responsable de loption dacquisition ou de capture qui est une pe cruciale pour une reconnaissance fiable et performante. Ce sous-syst se diffncie dun autre en :

- Le type du capteur utilisivant la modalitomique du syst global.
- Ses caractstiques techniques.
- La mani de prnter le signal dentrxemple : image dempreinte digitale ou enregistrement vocal.
- Processus de conversion du signal dentrn une forme standard qui peut e manipular un ordinateur.
- La nssit cooption de lindividu ou non. Par exemple, prendre une image faciale ou scanner lempreinte digitale.

1.4.2.2 Sous syst de traitement du signal

Responsable de garder que les donn saillantes qui peuvent distinguer entre les individus. Il proc comme suit :

- Eliminer le bruit des donn sorties du sous-syst prdent.
- Appliquer une segmentation plus rapprochun mod prfini.

Pour amorer la qualit mod et optimiser sa taille de stockage, une option dextraction est effectuSous syst de stockage de donn Ce sous syst est responsable de :

- Sauvegarder les mods biomiques des individus enrl
- Rpr un ou plusieurs mods biomiques pendant la phase reconnaissance (authentification ou identification).
- Mettre ur un mod biomique aprne authentification ou identification si le nouveau mod acquis est de meilleure qualitr rapport lui d enrl m individu.

Les mods biomiques peuvent e enregistrvec leurs donn non biomiques (nom, num carte nationale, code PIN, etc.). Dans des bases de donn souvent sr logiquement ou physiquement pour des raisons de sritans des cartes intelligentes ou des dispositifs comme un ordinateur ou un tphone mobile.

1.4.2.3 Sous syst de comparaison

Ce syst compare entre deux mods biomiques en entr et selon la similarittre eux, il donne en sortie : un score en cas d'une authentification, et un ensemble de scores au cas d'une identification.

1.4.2.4 Sous syst de prise de dsion

partir de(s) score(s) trouv) dans le prdant sous syst et dune politique de dsion lindividu sera accept consid comme imposteur.

La politique de dsion peut :

- Rejeter lidentitoclame tout individu dont le mod biomique na pas acquis (enrl
- Accepter lidentitrl si le score est supeur seuil prfini et le considr comme imposteur dans le cas contraire.
- Accepter les mods biomiques dont les scores sont infeurs seuil qui dnd de (**?**) :
    - **Lindividu :** il y des individus qui possnt des caractstiques distinctives plus que dautres individus cest pour cela le syst le syst fixe un seuil qui dnd de la distinctivits caractstiques de lindividu : distinctivitevngendre un seuil v vice versa tout en tenant en compte les parames de la srit syst.

- **La transaction :** pour un m application on ut voir plusieurs fonctionnalit des droits dacciffnt , on peut associer aque droit daccn seuil pour contrler plus lacc une option ou une donn
- **Le contexte :** dautres informations peuvent e pris en considtion pour fixer un seuil variant ,comme les moments habituels daccn syst, quand la derni tentative dacctait faite.

– Donner us les individus trois tentatives possibles pour retourner un ou des scores infeurs au seuil.

La figure 4 suivante illustre le flux d'informations dans un syst biomique, ses composants et ses diffnts modes de fonctionnements.

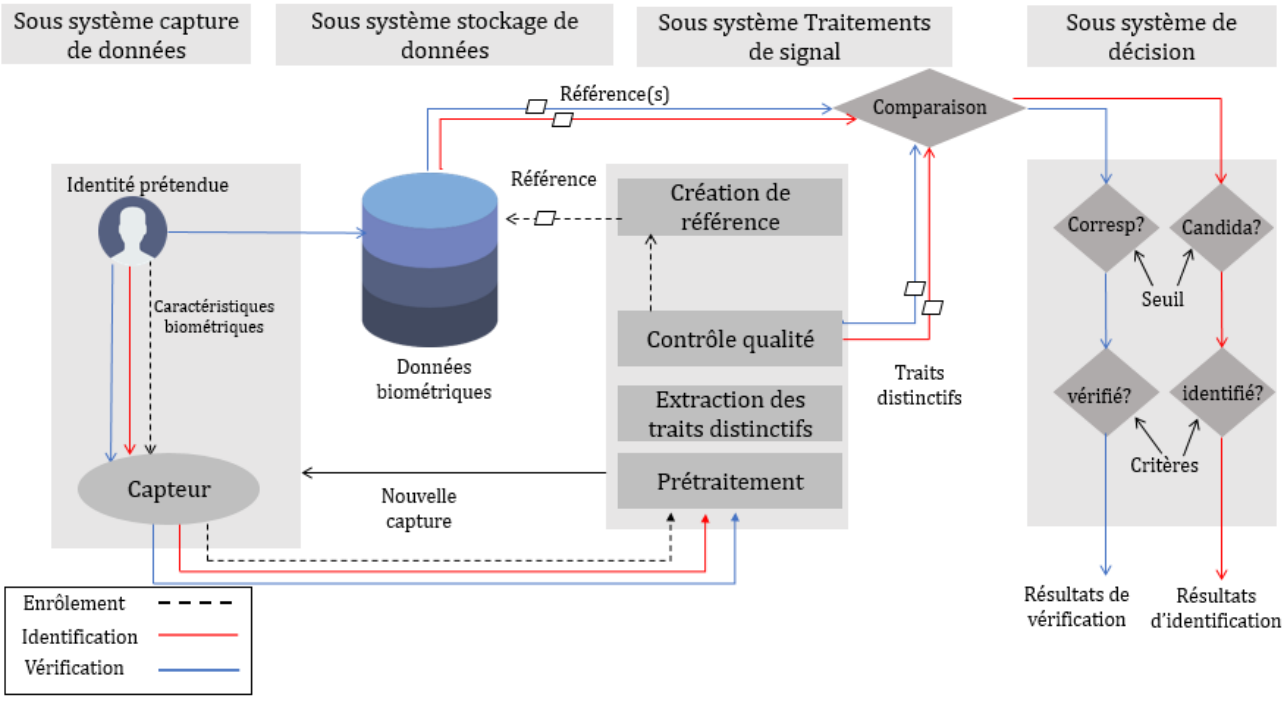

FIGURE 4: Architecture du syst biomique (?).

1.4.3 Performances des systs biomiques

Il existe plusieurs miques pour mesurer les performances d'un syst biomique, dans cette section nous prntons les mesures des taux d'erreur et les courbes de performance.

1.4.3.1 Les mesures des taux derreur

Selon (?), les mesures des taux derreur sont divis en trois groupes : les taux derreur de correspondance , taux derreur d'acquisition d'images et taux derreur de dsion.

– **Taux d'erreur de correspondance**

- **False Match Rate (FMR) :** appelssi False Positive Rate FPR, c'est le taux de fausse correspondance, par lalgorithme de comparaison, entre la donniomique acquise d'un individu et un mod correspondant autre individu (?).
- **False Non-Match Rate (FNMR) :** appelssi False Ntive Rate FNR, c'est le taux de fausse non-correspondance, par lalgorithme de comparaison, entre la donniomique acquise d'un individu et le mod correspondant au m individu (?).

– **Taux d'erreur d'acquisition d'images**

- **Failure-To-Acquire rate (FTA) :** appelssi Failure to Capture (FTC), refl les tentatives de vfication ou didentification pour lesquels le syst biomique na pas pu acqur linformation biomique causr les duts de matel, l'absence de l'individu, les conditions environnementales ou etc (**?**).
- **Failure-To-Enroll rate (FTE) :** appelssi Failure to Enroll Rate (FER), la proportion des individus pour lesquels la donniomique na pas pu e grorrectement durant la phase denrlement. Par exemple le cas o les personnes nont pas dempreintes pour des raisons gtiques, ou des empreintes quasi-inexistantes pour des raisons mcales (**?**).

– **Taux d'erreur de dsion** Les deux erreurs qui peuvent se produire pendant la phase de dsion, le rejet des utilisateurs *ltimes* ou l'acceptation des *imposteurs*.

- **False Acceptance Rate (FAR) :** pourcentage des imposteurs acceptar erreur. Il est calculmme suit :

$$FAR = \frac{Nombre\ de\ fausses\ acceptations\ (imposteurs\ acceptes)}{Nombre\ de\ tentatives\ d'acces\ non\ legitimes} \tag{1.1}$$

- **False Rejection Rate (FRR) :** pourcentage des utilisateurs ltimes rejetar erreur. Il est calculmme suit :

$$FAR = \frac{Nombre\ de\ faux\ rejets\ (utilisateurs\ ltimes)}{Nombre\ de\ tentatives\ d'accltimes} \tag{1.2}$$

- **Half Total Error Rate (HTER) :** la moyenne entre le FAR et FRR.
- **Equal Error Rate (EER) :** le point o FRR et FAR sont ux. Ce taux est fremment utilisur donner un apere la performance d'un syst biomique. Plus la valeur de ce taux d'erreur est faible, plus la prsion du syst biomique est vliu2001practical (voir figure 5).

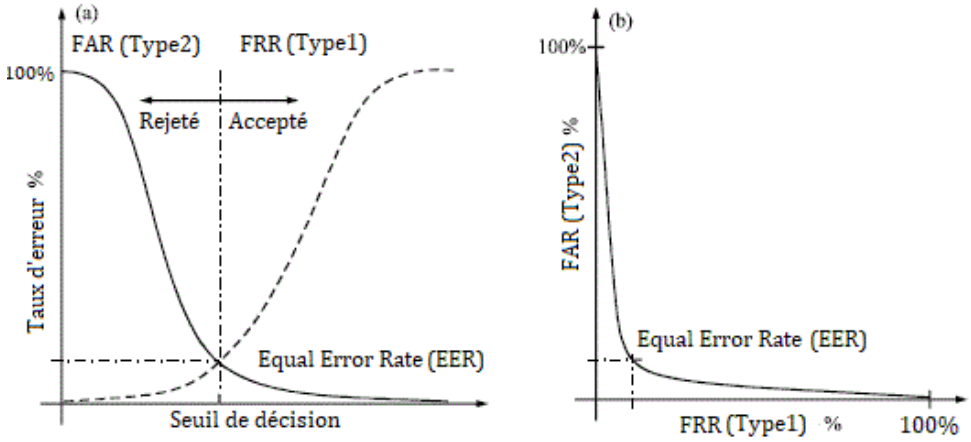

FIGURE 5: Equal Error Rate (EER).

- **Identification rate (IR) :** le taux didentification au rang r est la proportion de transactions didentification, par des utilisateurs enrlans le syst, pour lesquels lidentifiant de lutilisateur est dans les r identifiants retourn
- **False-Positive Identification-Error rate (FPIR) :** la probabilit retourner une liste non vide dans l'identification des utilisateurs non enrl
- **False-Negative Identification-Error Rate (FNIR) :** le pourcentage d'ec d'identification d'un individu enrl lidentifiant de l'individu ne figure pas dans la liste des identifiants retourn

1.4.3.2 Les courbes de performance

– **Receiver Operating Characteristic (ROC) :** reprnte graphiquement la relation entre le taux de vrais rejets FRR et taux de fausses acceptations FAR pour des diffntes valeurs du seuil de dsion (?).
Le seuil de dsion doit e ajust fonction de l'application cibl haute sritasse srit compromis entre les deux (voir figure 6).

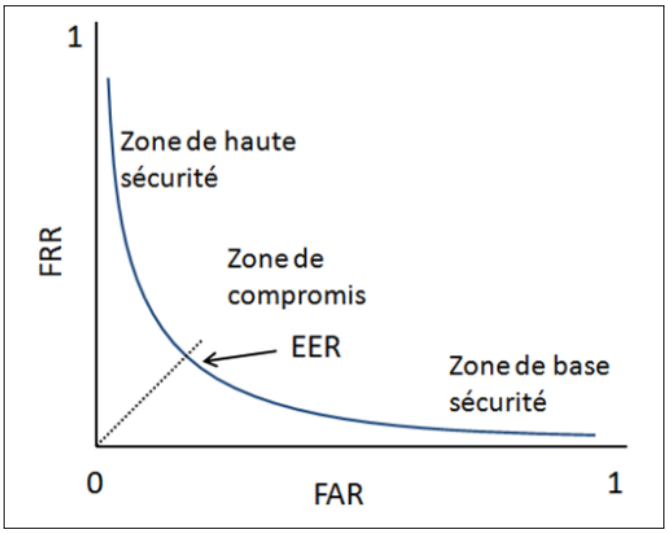

FIGURE 6: Exemple de la courbe ROC.

– **Detection Error Tradeoff (DET) :** c'est par essence une courbe ROC dont on reprnte directement llution dun taux derreur en fonction dun autre pour la rendre plus lisible et plus exploitable (voir figure 7).

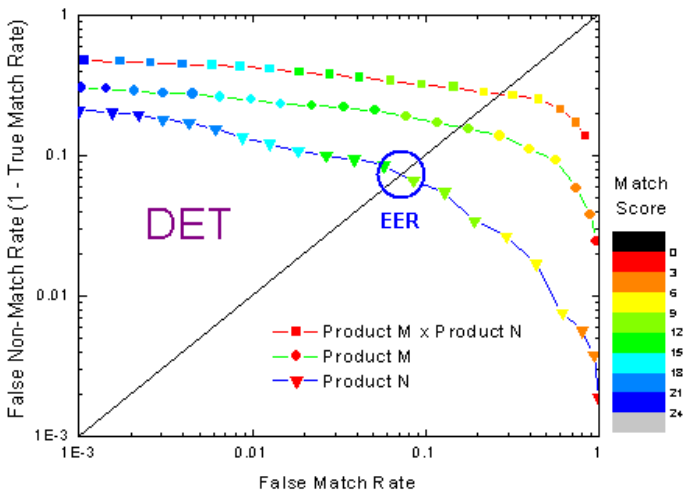

FIGURE 7: Exemple La courbe (DET) (?).

– **Cumulative Match Characteristic (CMC) :** reprnte les valeurs du rang didentification et les probabilitune identification correcte infeure ou le s valeurs(voir figure 8).

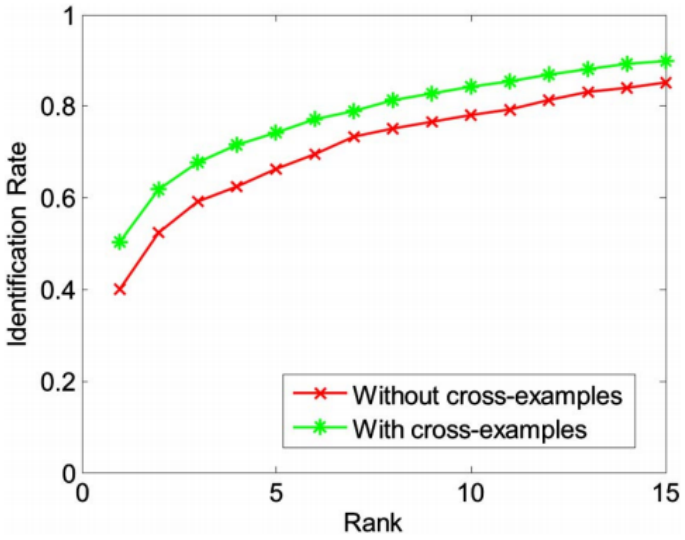

FIGURE 8: Courbe de caractstiques cumulatives de correspondance montrant la performance du rang 1 au rang 15 (**?**).

1.4.4 Limitations des systs biomiques

Bien que les systs biomiques offrent une solution fiable pour la reconnaissance et dans la pratique sont utilisans nombreux systs commerciaux, Ils souffrent souvent des limitations suivantes (**?**) :

- **Bruit dans les donn acquises :** introduit par le capteur pendant lacquisition, il peut rlter d'un capteur dctueux ou mal entretenu. Par exemple, Une image d'empreinte digitale avec une cicatrice, un antillon de voix alt par le froid, etc.
- **Variation intra-classe :** (variabilitune modalitur un individu) au niveau des antillons de la m biomie dun m individu causar une mauvaise interaction de l'utilisateur avec le capteur. Par exemple, changements de pose et d'expression faciale lorsque l'utilisateur se tient devant une cam, cette variation augmente gralement le taux de faux rejet (FRR) de syst biomique.
- **Similaritterclasse :** les caractstiques extraites rtir de donn biomiques d'individus diffnts peuvent e relativement similaires. Par exemple, une certaine partie de la population peut avoir une apparence faciale similaire due s facteurs gtiques. Cela peut augmenter le faux taux d'acceptation du syst.
- **Non-universalit**o certains individus de population sont incapables de prnter une modalitomique pour le syst biomique.
- **Sensibilitx attaques :** implique la falsification des modalitiomique afin d'effectuer la reconnaissance. Les modalites plus sensibles genre d'attaque sont les modalitiomiques comportementales telles que la signature et la voix.

1.5 La multi-biomie

Les systs biomiques ont connu un progronsidble de la fiabilit de lexactitude, nmoins ils font souvent face s limitations qu'on a d prnt dans la section 1.4.4. Les systs multi-biomiques qui combinent des informations issues de multiples sources dinformation sont une solution fiable pour aborder ces probls. En combinant plusieurs informations discriminantes, on souhaite amorer le pouvoir de reconnaissance du syst et augmenter la robustesse aux fraudes. Ainsi, des

des ont dntre les systs multi biomiques peuvent atteindre une meilleure performance par rapport aux systs biomiques (?).
Dans ce qui suit, nous allons dier les systs multi- biomiques, par prnter les diffntes formes des systs multi-biomiques, nous dillerons aprne de ses formes les systs multimodaux prntant ses avantages et ses diffntes architectures. Ensuite, nous exposerons la fusion multimodale et ses niveaux.

1.5.1 Formes des systs multi-biomiques

La reconnaissance dans un syst multi-biomique est effectu partir de multiples sources d'informations biomiques. Selon la nature de ces sources, les systs multi-biomiques peuvent e divisn six formes (?) : multi-capteur, multi-algorithme, multi-instance, multi-antillon, multimodaux et forme hybride (voir figure 9)

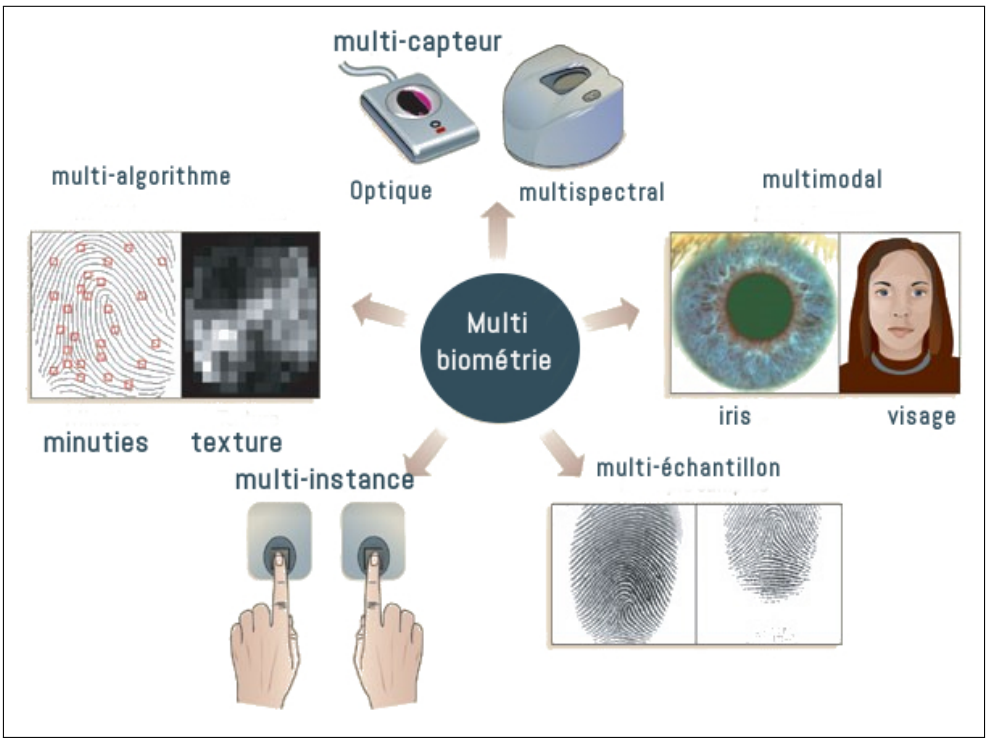

FIGURE 9: Formes de systs multi-biomiques (?).

Le tableau II suivant prnte une comparaison entre les formes de systs multi-biomiques selon le nombre de sources d'information utilis.

Syst multi-biomique	Capteur	Algorithme	Instance	Modalit
Multi-capteur	2 toujours	1 gralement **A**	1 toujours m modalit m instance	1 toujours
Multi-algorithme	1 toujours	2 toujours	1 toujours	1 toujours
Multi-instance	1 gralement **B**	1 toujours	2 instances d'une seule modalit	1 toujours
Multi-antillon	1 toujours	1 toujours	2 antillons d'un seule modalit	1 toujours
Multimodal	2 gralement **C**	Plusieurs	2 toujours	Plusieurs

Tableau II: comparaison entre les diffnts systs multi-biomiques selon la source d'information (**?**).

Exceptions :
- **A :** c'est possible que deux antillons provenant de diffnts capteurs soient traitn utilisant deux diffnts algorithmes d'extraction de caractstiques biomiques, et aprar un algorithme d'appariement commun, ce qui le rend un 1.5 algorithme ou deux algorithmes complment diffnts.
- **B :** dans certains cas, on peut utiliser deux capteurs capturant chacun une instance.
- **C :** un syst multimodal avec un seul capteur utilisur capturer deux modalitiffntes, par exemple une image dune rlution vtilisour extraire le visage et l'iris.

1.5.1.1 Syst multi capteur

Lorsque plusieurs capteurs sont utilisans l'acquisition d'une seule modalitomique dans le but d'acqur des informations complntaires pour accroe les performances des systs uni-modaux, par exemple lutilisation dun capteur optique et dun capteur capacitif pour l'acquisition de lempreinte digitale, ou dune cam classique et dune cam infrarouge pour le visage.

1.5.1.2 Syst multi algorithme ou multi-classificateur

Ce type correspond aux systs quutilisent plusieurs algorithmes (classificateurs) pour traiter la m image acquise d'une m modalitomique, par exemple l'utilisation de deux classificateurs pour la reconnaissance des empreintes digitales, lun traite les caractstiques texturales, lautre les minuties dune empreinte digitale.

1.5.1.3 Syst multi instance

Ce type dgne les systs qui capturent plusieurs unitu instances de la m modalitomique (les modalitui possnt plusieurs instances), et avec le m capteur. Par exemple le syst de reconnaissance multi-instance diris utilise l'iris droit ainsi que le gauche, ou dempreinte avec l'empreinte de lindex droit ainsi que le gauche.

1.5.1.4 Syst multi antillon

Les systs o un seul capteur est utilisur capturer plusieurs copies de la m modalitomique, dans des diffntes positions et angles, pour obtenir une reprntation plus compl. Par exemple, le cas de la reconnaissance du visage, plusieurs profils du visage sont captur tels que le profil frontal, le profil droit et gauche, afin de prendre en compte les variations de la pose faciale.

-#I #I

-#I #I

-#I #I

-#I #I